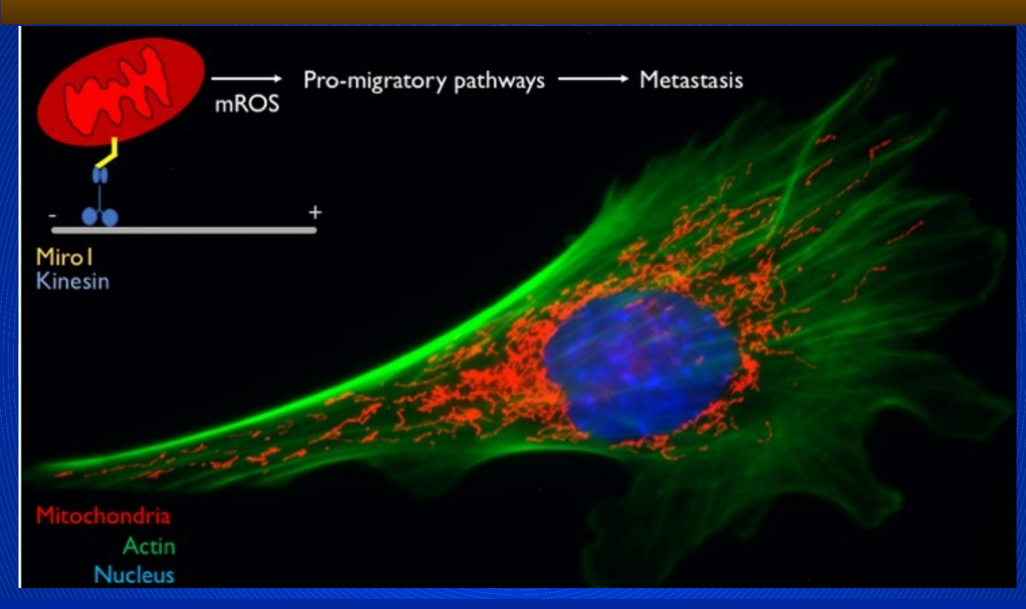
Modelo Celular Eucariótico



M. en C. RAFAEL GOVEA VILLASEÑOR

po el CINVESTAV-IPN

Biólogo por la UAM-Izt.

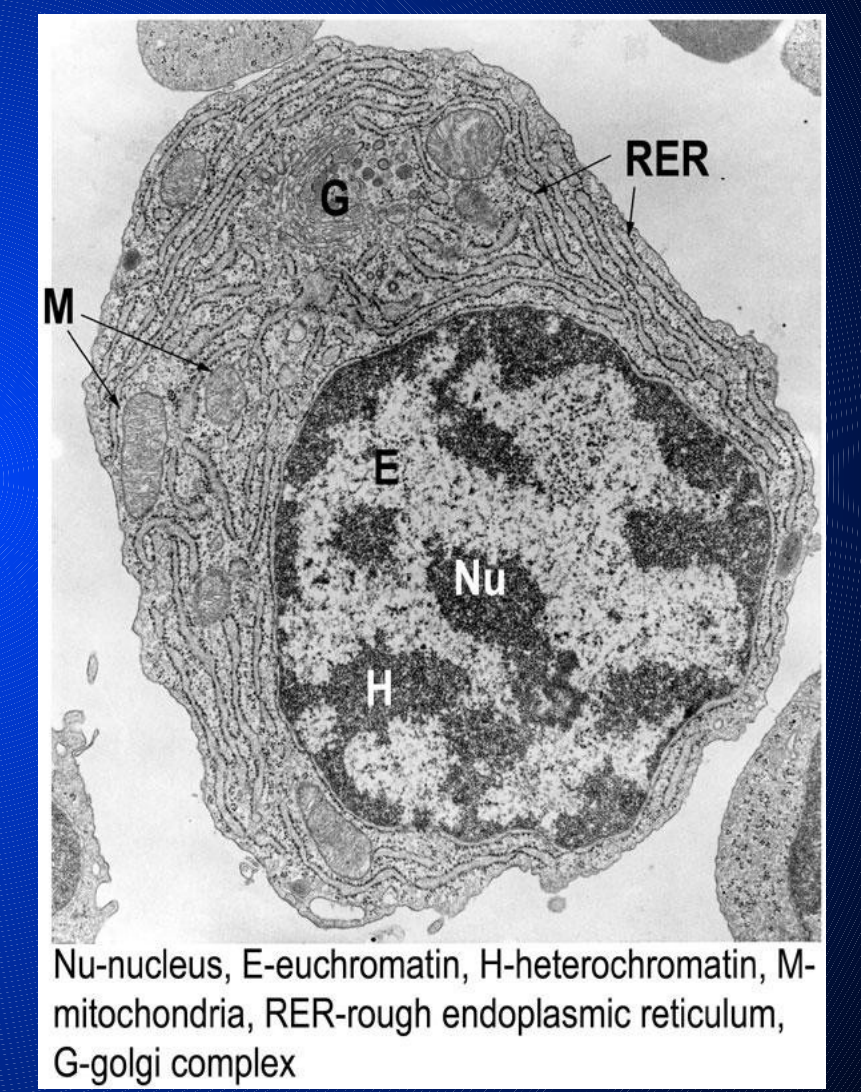
Versión 2.5 de 2018-04-06 a 2022-05-01

¿Qué es la Célula Eucariótica?

Es el tipo celular caracterizado por la presencia del ADN dentro de un compartimiento llamado núcleo.

Además de muchos otros espacios envueltos de membrana (sistema de endomembranas).

Es la célula de los protistas, animales, hongos y plantas.



Nu-nucleus, E-euchromatin, H-heterochromatin, M-mitochondria, RER-rough endoplasmic reticulum, G-golgi complex

Microfotografía electrónica (MET) de una rebanada delgada.

¿Cuál es la forma de las Células Eucarióticas?







Las células eucarióticas despliegan una diversidad morfológica deslumbrante. No existe el modo de presentar la amplia variedad, simplemente en nuestro cuerpo hay más de 250 tipos distintos

M en C Rafael Govea Villaseñor

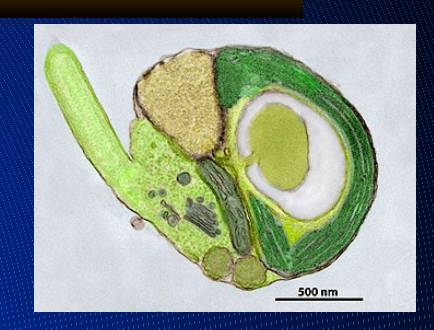
¿De qué tamaño son las Células Eucarióticas?

Las células eucariónticas suelen ser más grandes que las procariotas

Se menciona el rango común de 10 a 100 µm de sección, pero las hay más grandes y pequeñas. Por ejemplo Eucariotes planctónicos:

https://www.mbari.org/genes-from-tiny-marine-algae-suggest-unsuspected-avenues-for-new-research/

Pico-nanoplancton: 0.8 a 5 µm
barra = 500 nm



http://rocmm.spbu.ru/index.php?mod=mod_r4_1

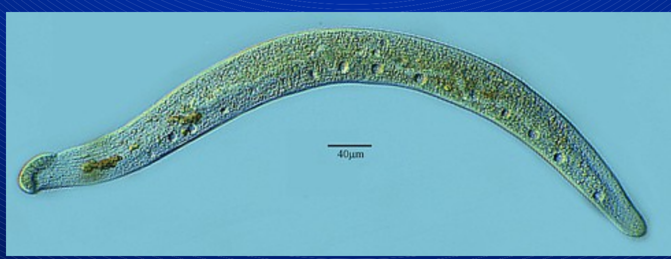
Nanoplancton: 5 a 20 µm
barra = 10 µm



http://www.photomacrography.net/forum/viewtopic.php?t=32583&sid=9dfbc960c3709be5f04a2ebe320cdf4f

Microplancton: 20 a 180 µm
barra = 50 µm





http://www.flickriver.com/photos/microagua/3264439656/

Mesoplancton: 180 a 2000 µm
barra = 40 µm

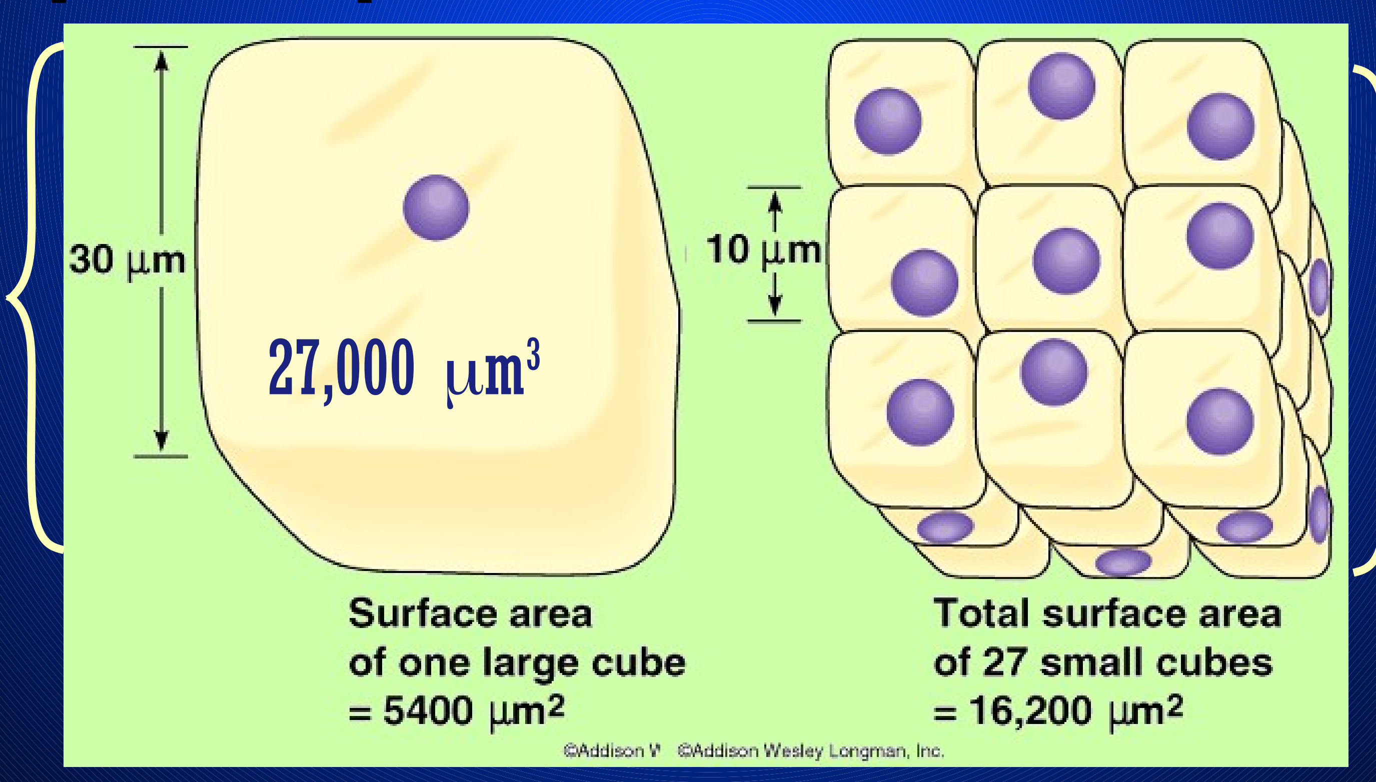
M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Cuál es el volumen de las Células Eucarióticas?

El volumen puede ser muchos órdenes de magnitud mayor que el volumen de los procariotes, del orden de pL, incluso mL (2 a 4 clases de #).

Ello representa un problema: la caída de la relación área/volumen

Un mayor volumen celular requiere más intercambio de sustancias a través de una área total proporcional-mente menor.



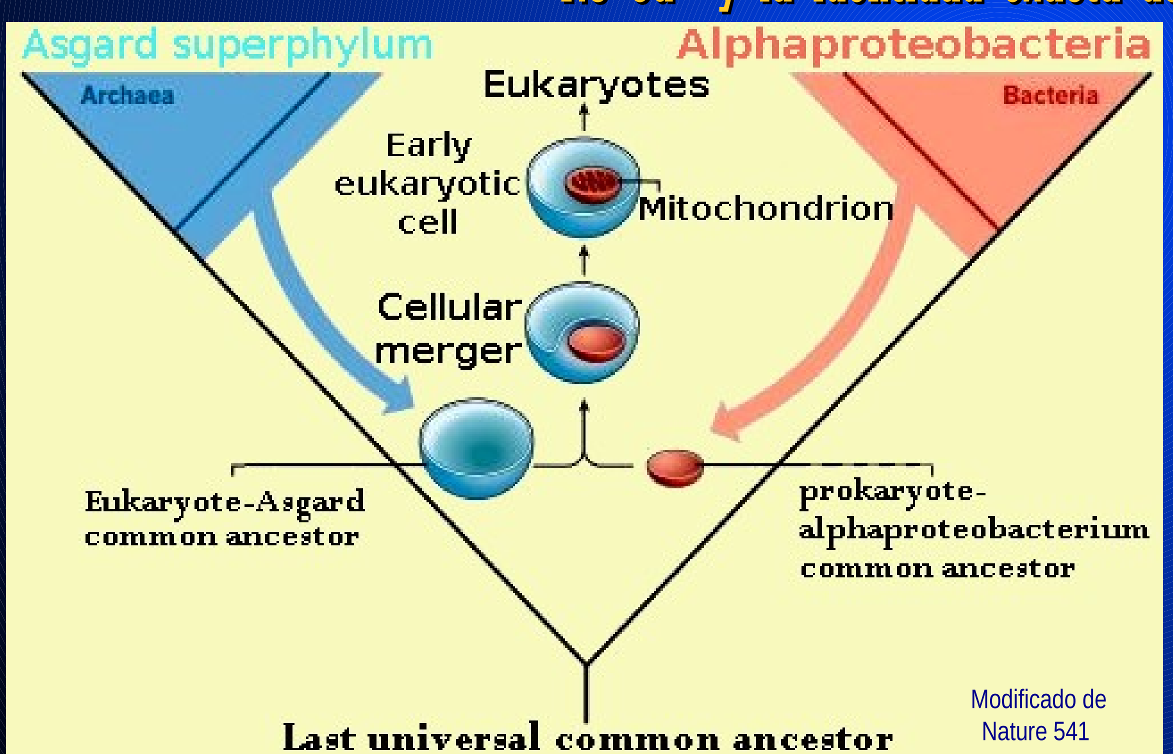
Mismo volumen (1000 µm³ x 27), pero más área total

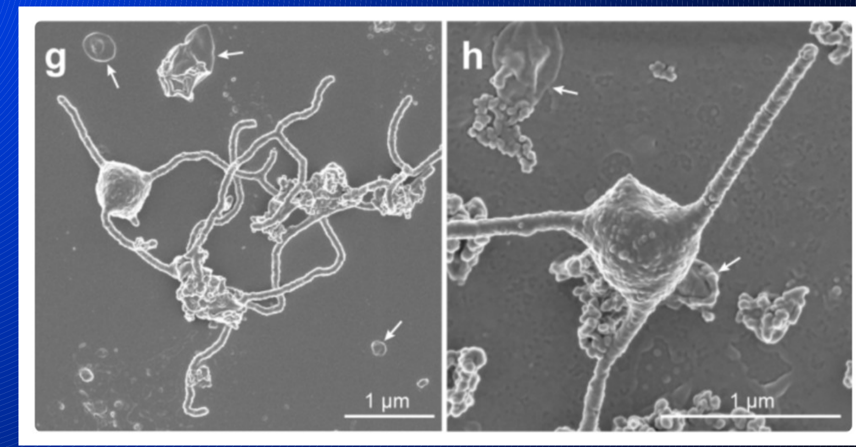
M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Desde cuándo existen las células eucarióticas?

La célula eucariótica surgió de la coevolución de una comunidad de procariotes formada por una arqueobacteria con una eubacteria (Teoría de la endosimbiosis en serie).

Existe fuerte evidencia de ello, pero aún no se conocen los detalles del evento que ocurrió hace unos 1.8 Ga* y la identidad exacta de los simbiontes.





M en C Rafael Govea Villaseñor

* Parfrey LW *et al* 2011 **Estimating the timing of early eukaryotic diversification with multigene molecular clocs** *PNAS* 108(33):13624-9

¿Cuáles son los organelos eucarióticos relevantes?

Como en todas las células

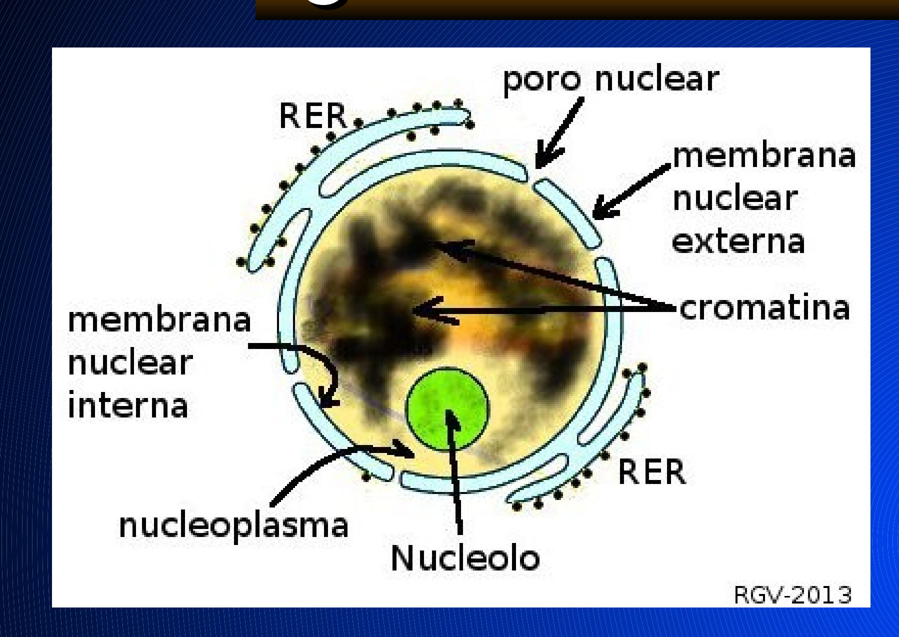
- **Núcleo** (*nucl*- = centro) Información genética, ADN
- **Membrana Plasmática** (*plasm*- = fluido)
- **Citosol o citoplasma** (*cito*- = célula, *sol*- = solución)
- **Ribosomas 80S** (*ribo*- = RNA y *som*- = cuerpo)

Organelos casi todos exclusivos de las células eucariotas

- Sistema de endomembranas
  - **Retículo Endoplásmico** (*ret*- = red, *end*- = dentro, -*ulo* = pequeño)
  - **Aparato de Golgi**
  - **Vesículas de secreción** (*vesic* = bolsa, *secrec*- = separar)
  - **Lisosomas** (*liso*- = cortar)
  - **Endosomas** (*endo*- = meter)
  - **Peroxisomas** (*peroxi*- = peróxido)
- **Mitocondria** (*mito*- = filamento, *condr*- = grano)
- **Cloroplasto** (*cloro*- = verde y *plast*- = cuerpo)
- **Citoesqueleto** (*esquel*- = esqueleto)
- **Vacuola** (*vac*- = vacío, -*ola* = diminuto)
- **Pared celular** (de polisacáridos o minerales)
- **Undulipodio** (*undul*- = ondular y *pod*- = pie) o flagelo eucariótico

M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Cómo es el Núcleo Celular?



Es un esferoide lleno de un fluido similar al citosol (nucleoplasma) rodeado por una envoltura de doble membrana y perforada por poros que controlan el paso hacia y desde el citoplasma.

{ADNs asociados a millones de moléculas de proteínas histonas} formando a la cromatina (*crom-* = *color* e *-ina* = sustancia)

Cromatina

Poros Nucleares

Nucleolo

Envoltura nuclear

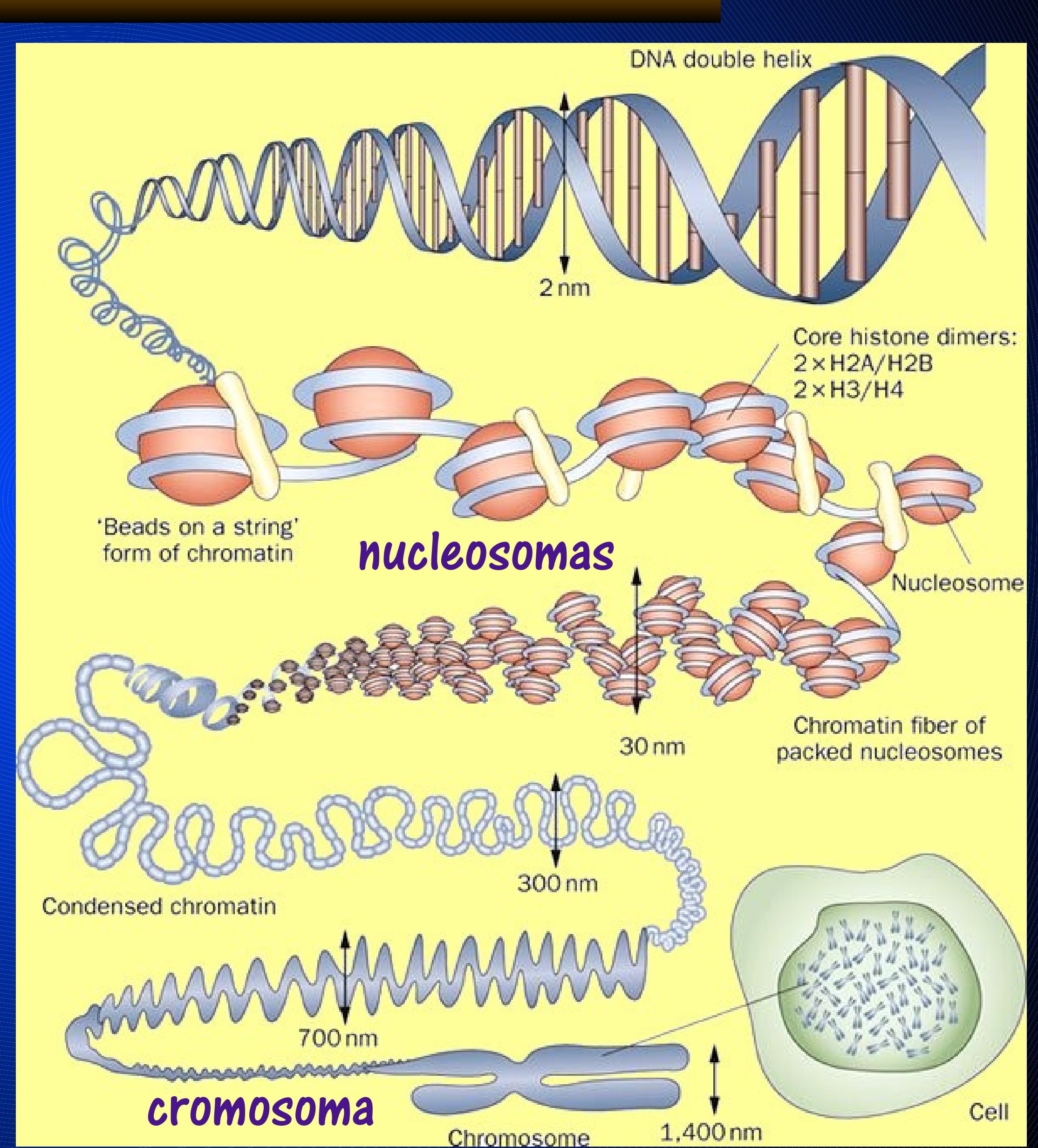
RER

M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué es la Cromatina?

Es la información genética de la célula. Está hecha de **ADN** enrollado a carretes proteicos de histonas a modo de un rosario de nucleosomas que reducen el largo de las moléculas de **ADN** haciendo posible que quepan dentro del núcleo.

A veces, la fibra de cromatina sigue compactándose y se forma un corto y grueso filamento llamado cromosoma (*cromo-* = color y *-soma* = cuerpo) que es visible al microscopio óptico.

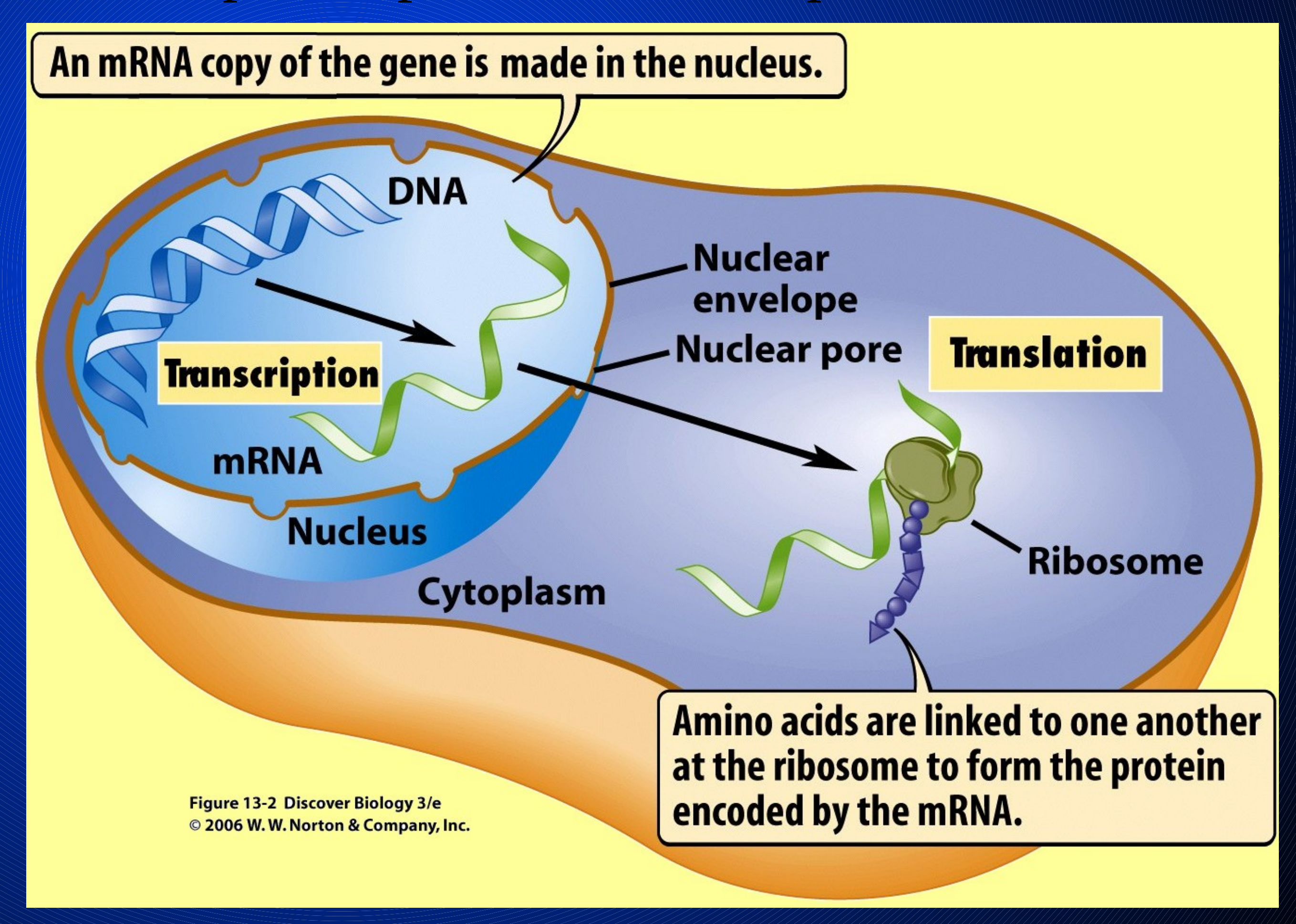


M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Cuál es la función del núcleo?

Elaborar a partir de sus genes, los ARNs necesarios para que las células funcionen. Los ARNm sirven de planos para fabricar las proteínas celulares.

Las señales en C/tipo celular indican los genes a leer (transcripción), se elaboran los ARNm que salen del núcleo donde dirigen la elaboración de proteínas (traducción) por Ribosomas y ARNr

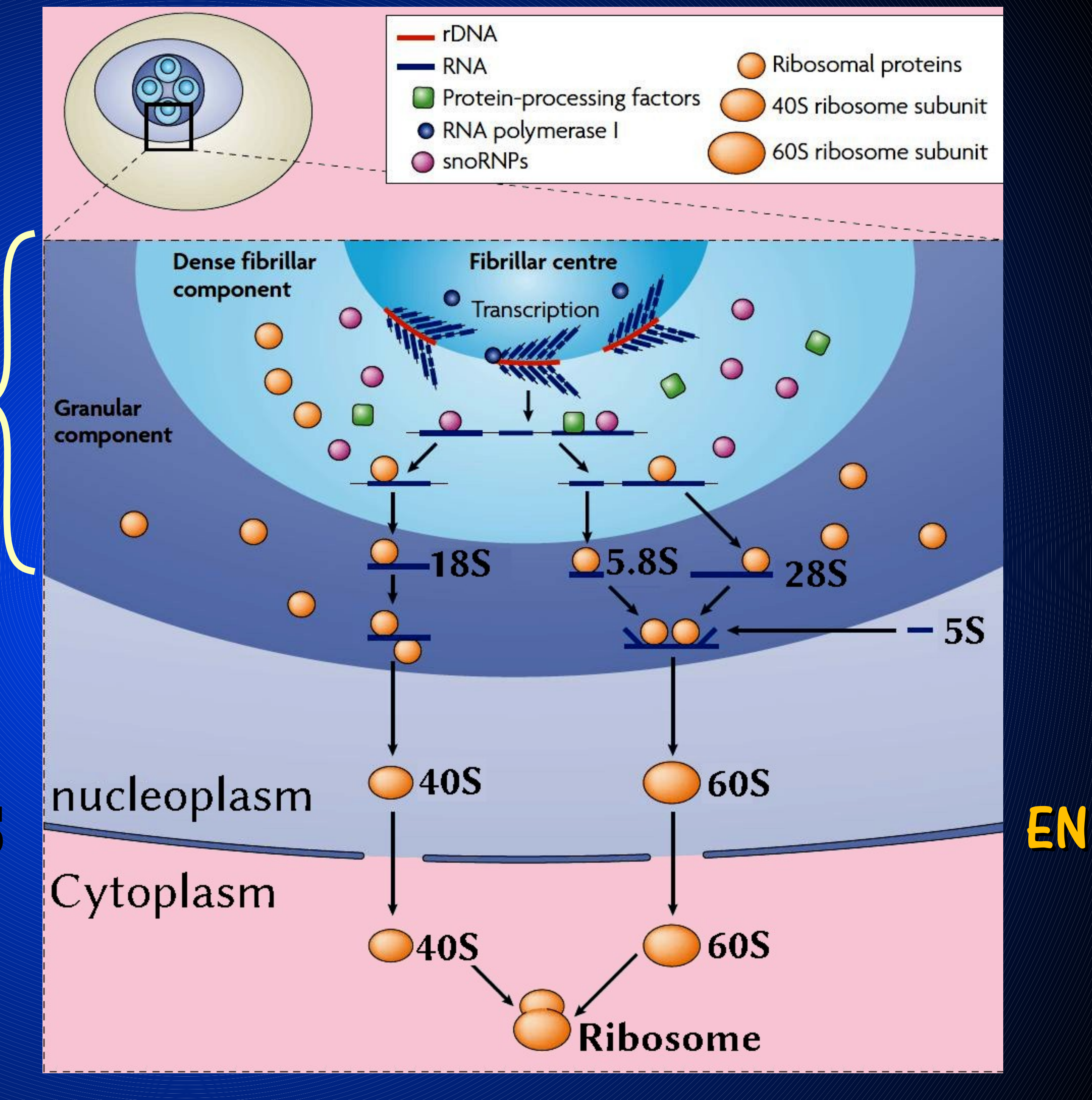


M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué ocurre en el Nucleolo?

En el nucleolo

se ensamblan las subunidades de los ribosomas (biogénesis ribosomal)



EN

M en C Rafael Govea Villaseñor

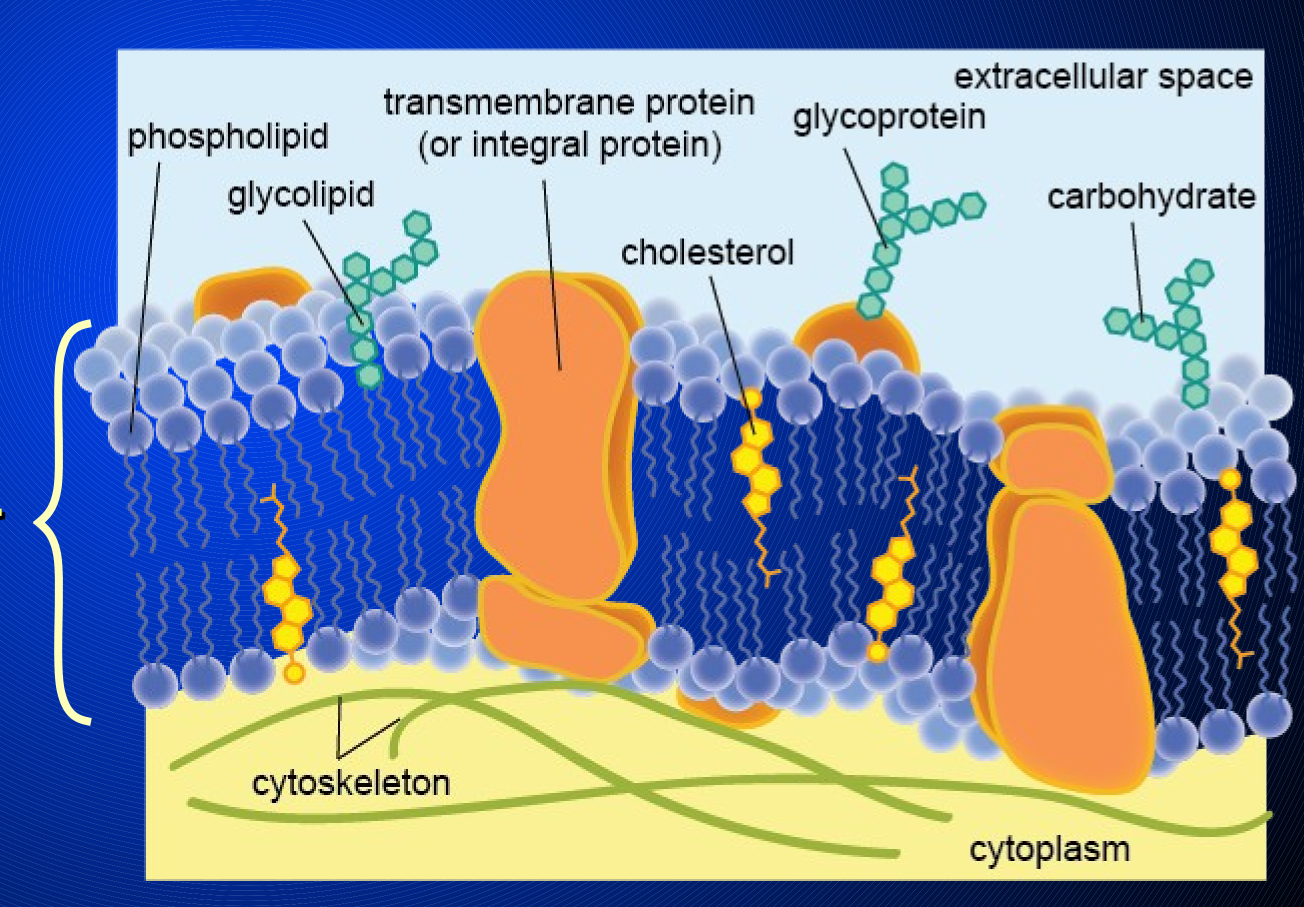
Boisvert, F-M *et al* 2007 **The multifunctional nucleolus** *NatRevMolCellBiol* 8,574-85

¿Cuál es la función de la Membrana Plasmática?

Aislar y comunicar el interior con el exterior celular

La doble capa de lípidos impide el paso de casi todas las sustancias.

Las proteínas insertadas en la bicapa sirven para transportar moléculas de un lado al otro, etiquetar, adherir a la célula, recibir mensajes y otras funciones



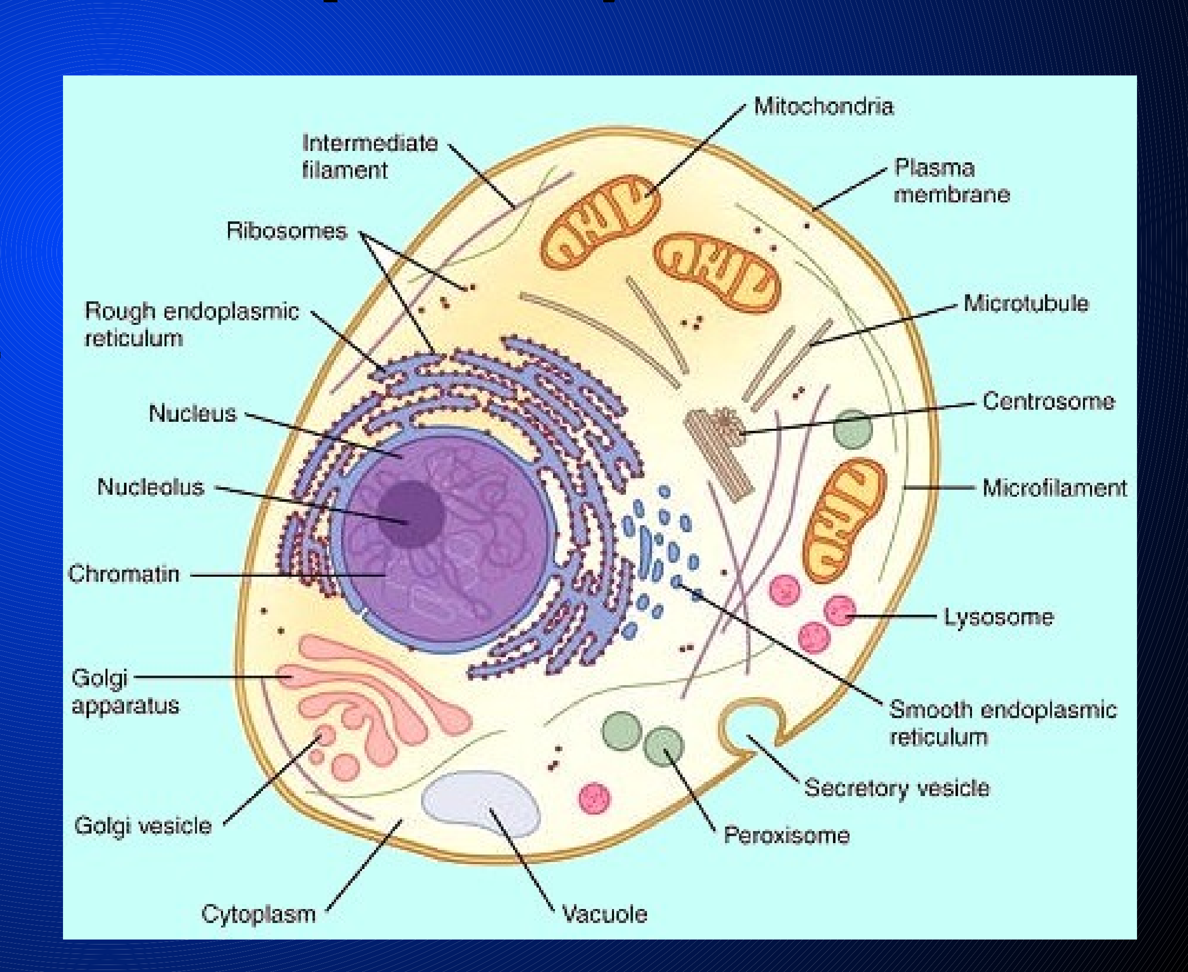
M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué es el Citoplasma?

El **citoplasma** (*cito-* = célula y *plasm-* = fluido) en sentido amplio, es la porción de la célula entre la membrana plasmática y el núcleo.

En sentido estrecho, es la solución coloidal que llena a la célula. En este sentido, es equivalente a Citosol (-*sol* = solución).

Su función es permitir la interacción entre todas las macro, oligo y micromoléculas que contiene.



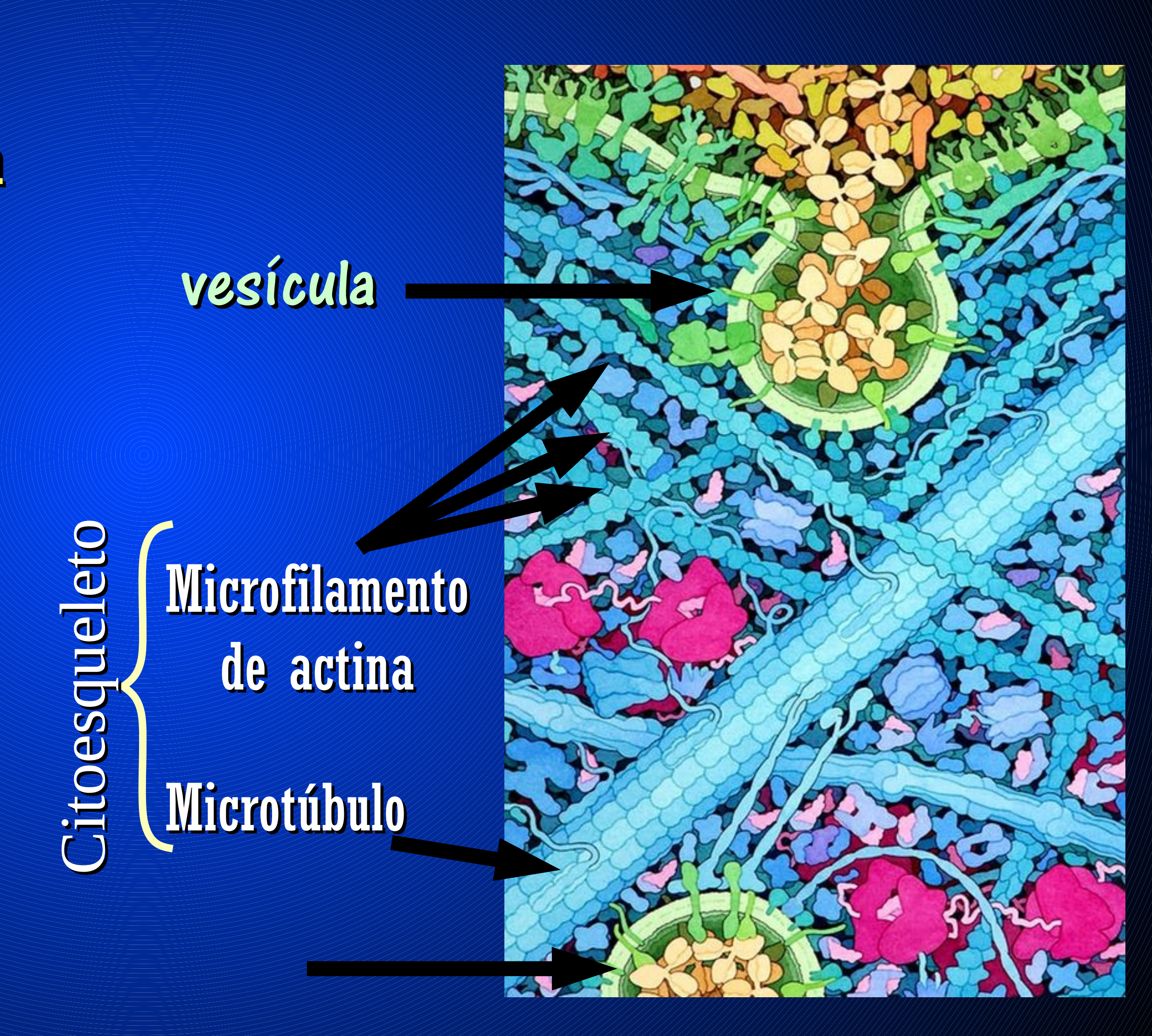
M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Cómo es el Citosol?

El citosol eucariótico también está repleto de proteínas dispersadas en la solución coloidal.

A diferencia del citosol procariótico no encontramos ADN, pero sí proteínas ensambladas en forma de cables (citoesqueleto) y...

Bolsitas membranosas (vesículas) .

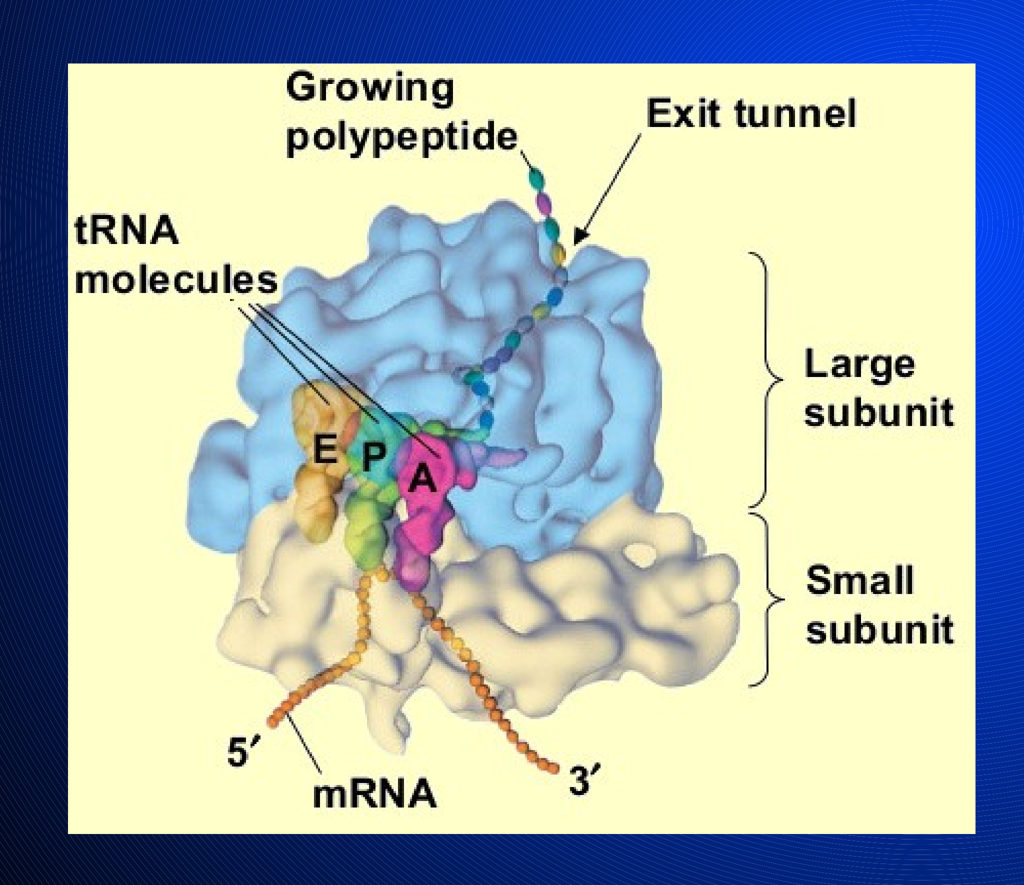


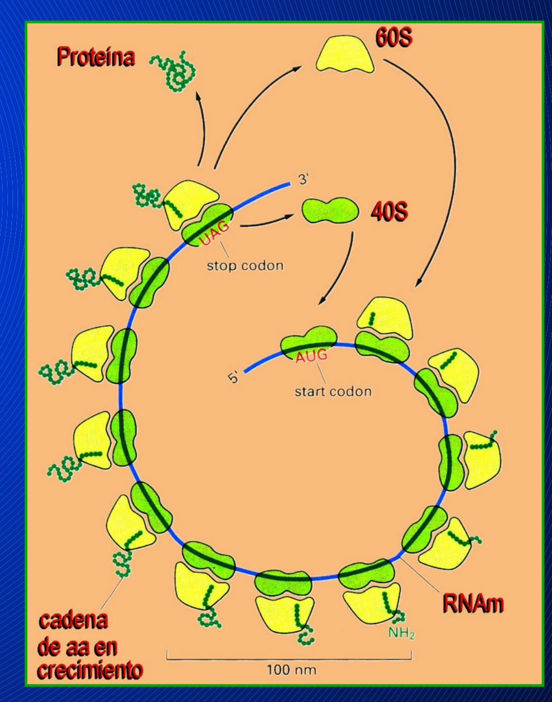
http://wnycradiolab.tumblr.com/post/37129374943/infinity-imagined-the-interior-of-a-eukaryotic

M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Cómo son los Ribosomas 80S?

Los Ribosomas 80S o eucarióticos son complejos multimoleculares de ≈90 proteínas en ejemplares únicas asociadas a 4 macromoléculas de ARN ribosomal ensamblados en 2 subunidades cuya función es fabricar proteínas codificadas en el núcleo al leer los planos de éstas (ARNm)

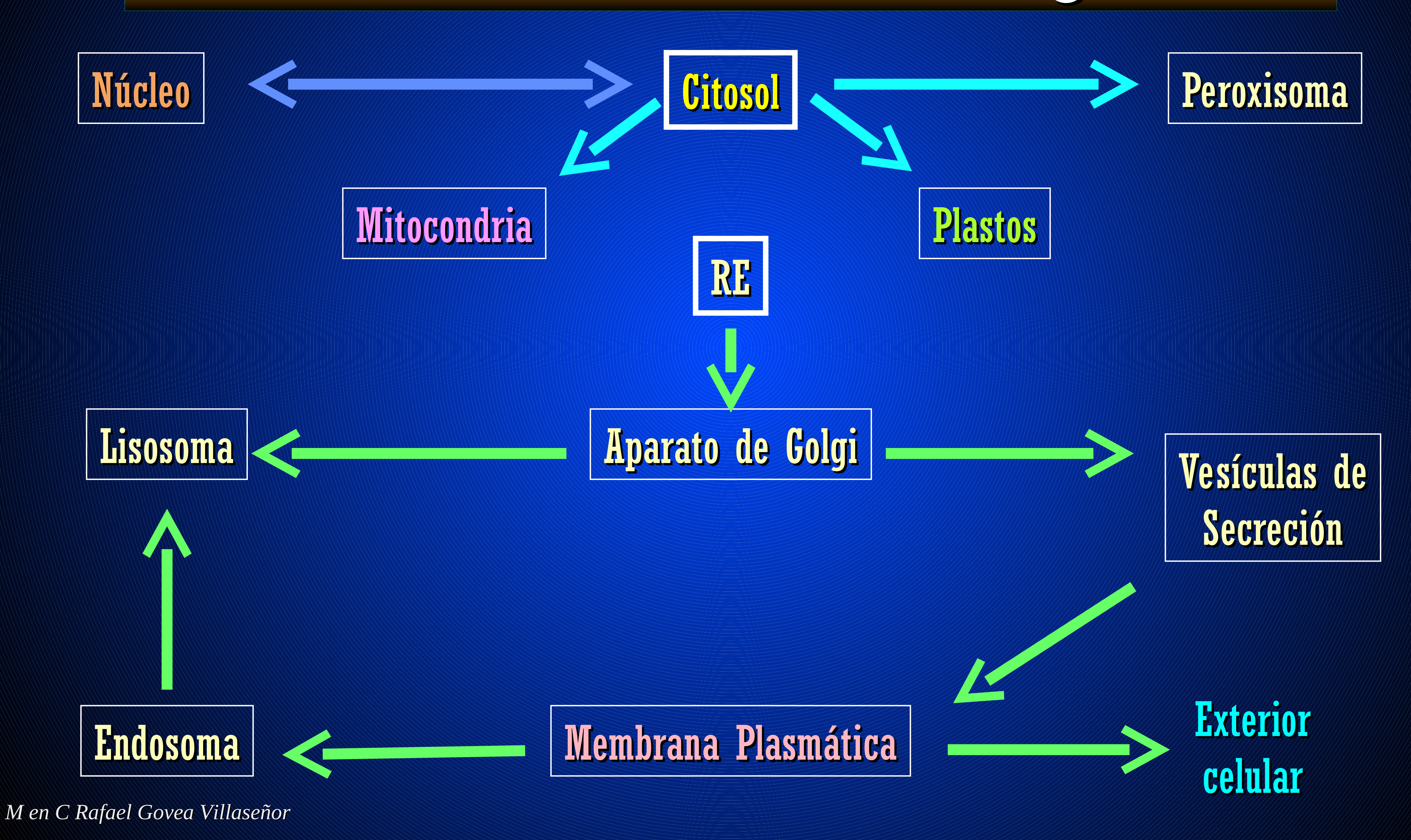




Los ribosomas en el citosol forman rosarios cuando elaboran proteínas siguiendo las instruciones de un ARNm

M en C Rafael Govea Villaseñor

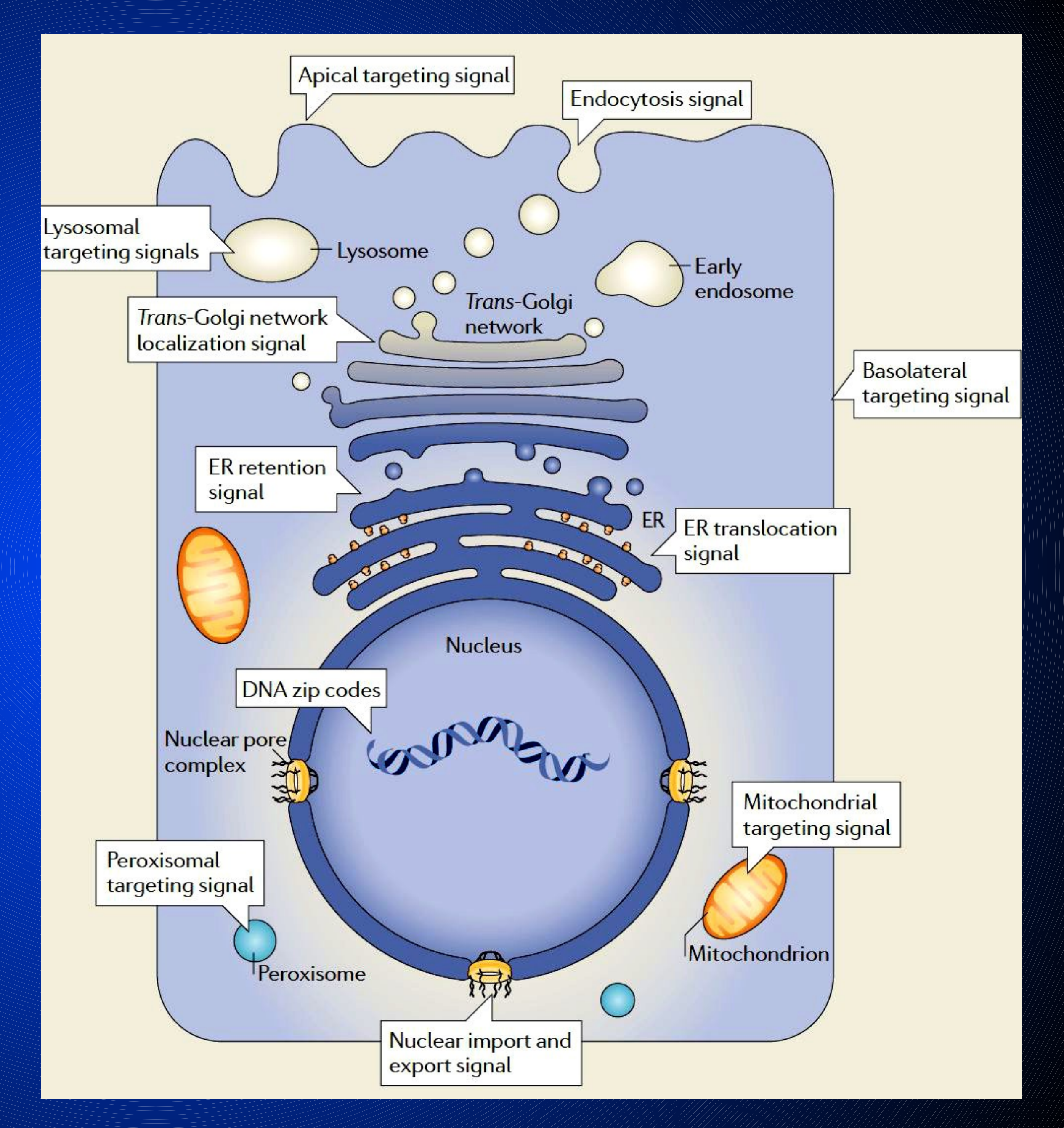
Tráfico de Proteínas entre Organelos



M en C Rafael Govea Villaseñor

Señales de direccionamiento (péptidos señal)

Los primeros aminoácidos de las proteínas fabricadas en el Retículo endoplásmico son "etiquetas" que indican la ubicación a dónde ellas son enviadas y funcionan.



M en C Rafael Govea Villaseñor

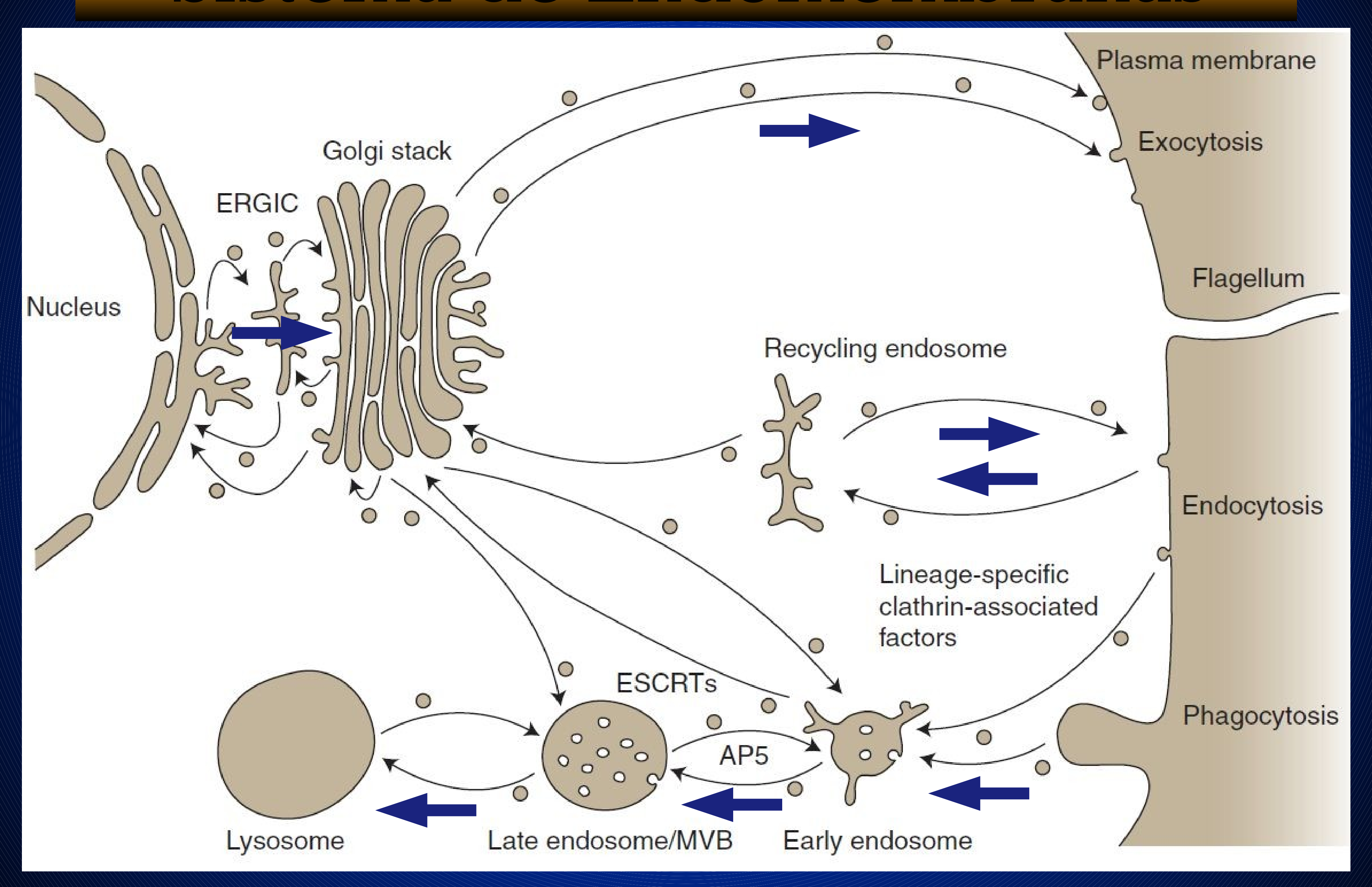
Matlin, KS 2011 **Spatial expression of the genome, The signal hypothesis at forty** *NatRevMolCellBiol* 12(5)1-8

Sistema de Endomembranas

El Sistema de Endomembranas (*endo-* = dentro) es un conjunto de organelos que trabajan coordinadamente traficando con las proteínas codificas por el ADN nuclear y otras sustancias para realizar toda una serie de funciones necesarias para mantener la vida de la célula.

Wideman, JG *et al* 2014 **The cell biology of the endocytic system from an evolutionary perspective** *CSHP-B* 6:a016998

Sistema de Endomembranas



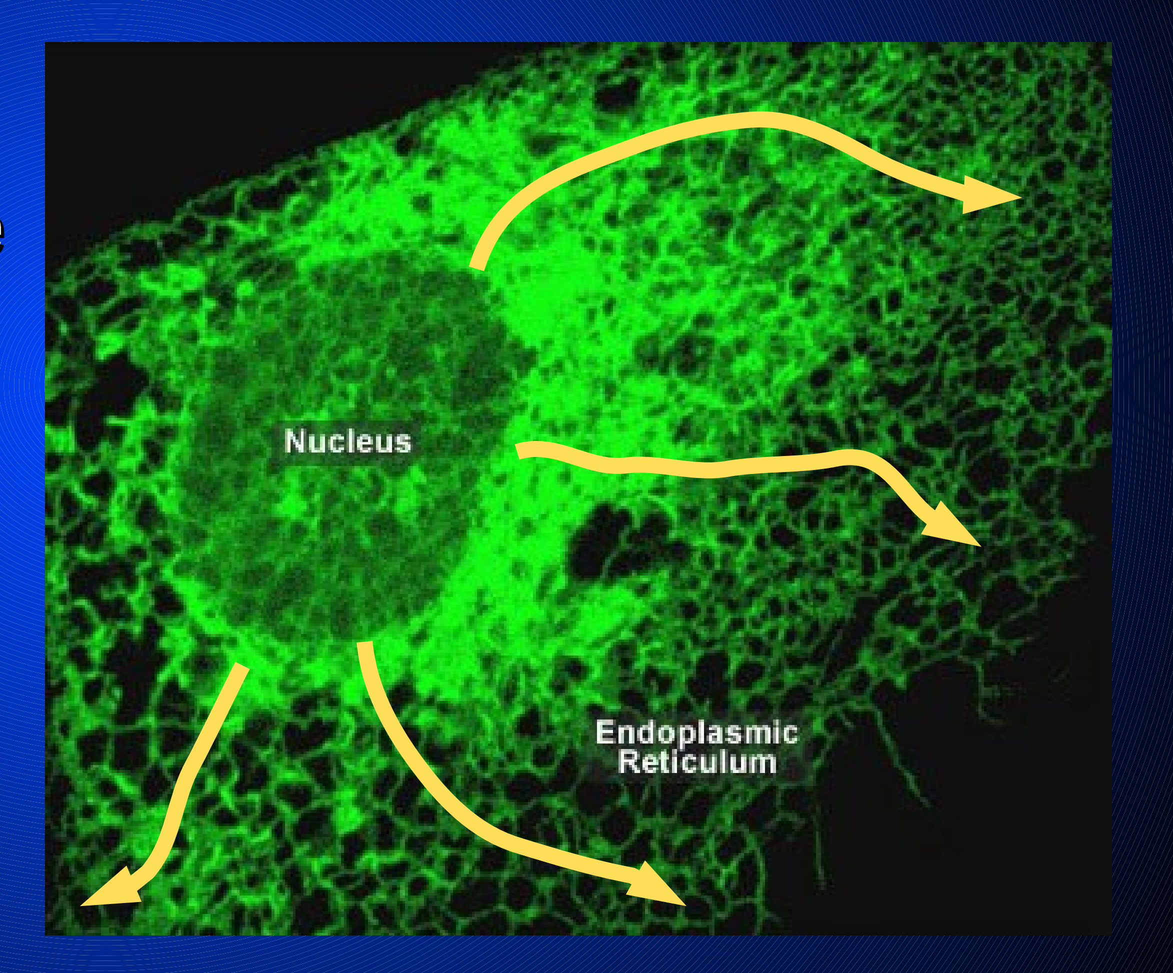
M en C Rafael Govea Villaseñor

Wideman, JG *et al* 2014 **The cell biology of the endocytic system from an evolutionary perspective** *CSHP-B* 6:a016998

Retículo Endoplásmico

El Retículo endoplásmico (*ret-* = red, -*ulo* = *pequeño, endo-* = dentro y *plasm-* = fluido) es una pequeña red de cisternas aplanadas y tubulares rodeadas de membrana que se extiende desde el núcleo por todo el citoplasma.

La porción continua a la membrana nuclear externa (RE rugoso) tiene ribosomas 80S adosados y la porción distal (RE liso) es tubular y carece de ellos.



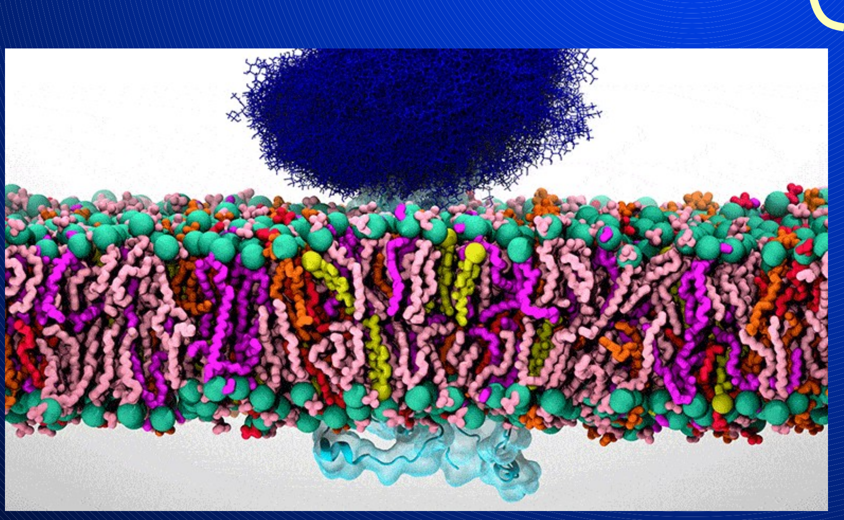
https://www.microscopyu.com/gallery-images/probing-the-endoplasmic-reticulum-with-green-fluorescent-proteins

M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué hace el Retículo Endoplásmico Rugoso?

El **Retículo endoplásmico rugoso** fabrica proteínas destinadas al sistema de endomembranas, la membrana plasmática y el exterior celular (33%).

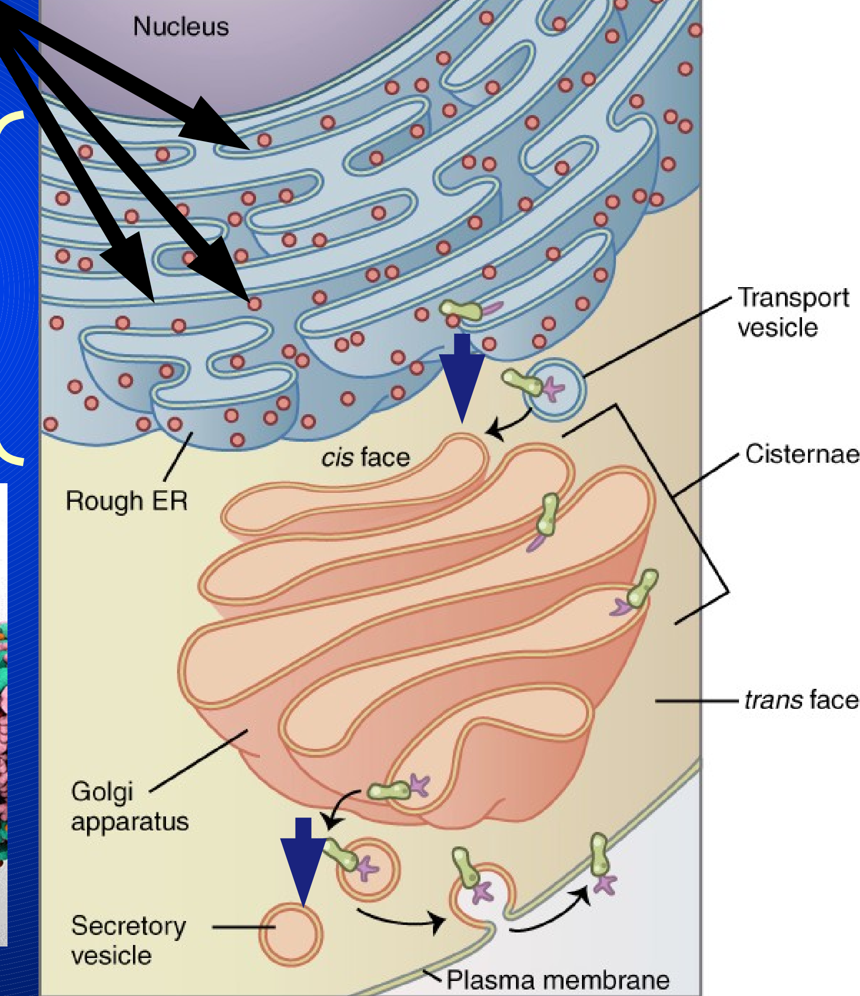
Glucosila proteínas (pega azúcares) para marcarles.



Ribosomas 80S del RER

RER

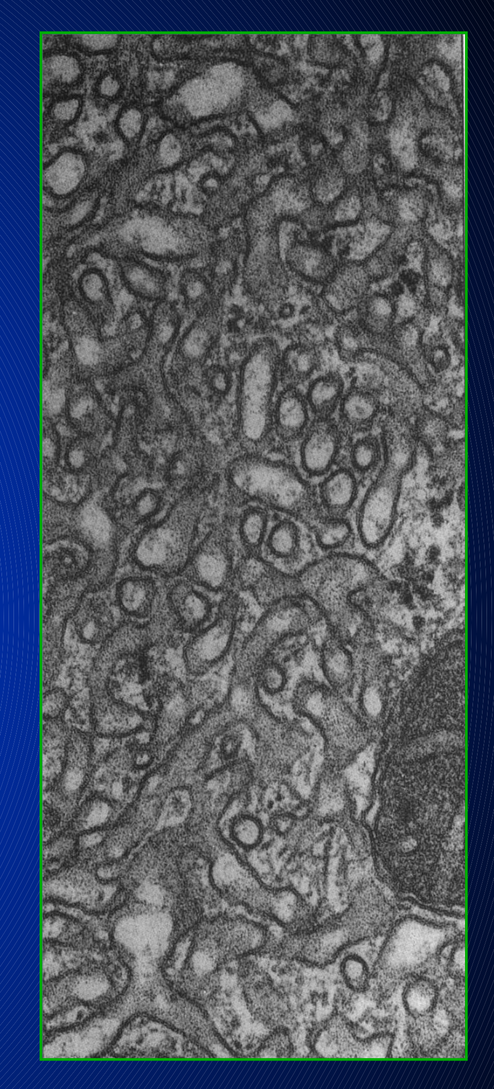
RER

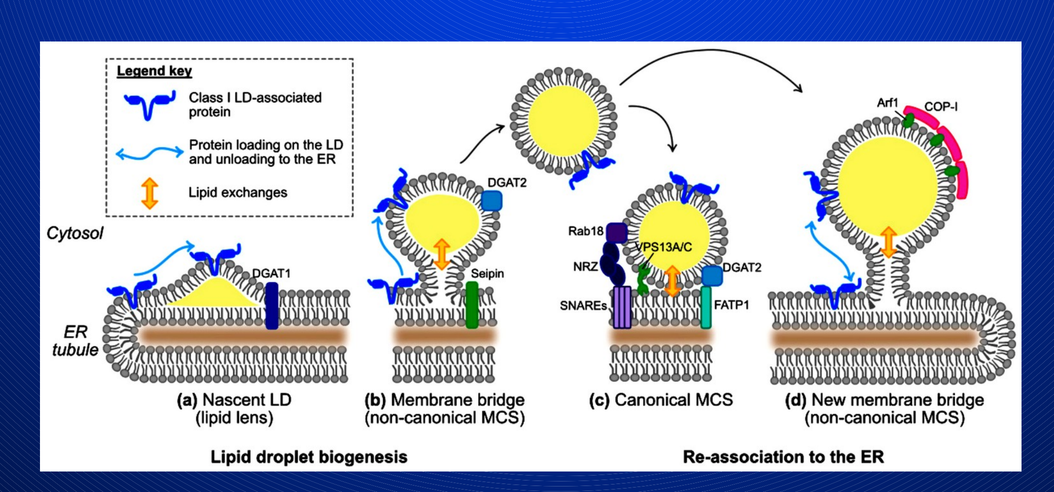


M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué hace el Retículo Endoplásmico Liso?

- Sintetiza lípidos.
  - Aceites, esteroides, fosfolípidos...
- Almacena Ca^{2+}.
- Destruye o modifica drogas (EtOH...)





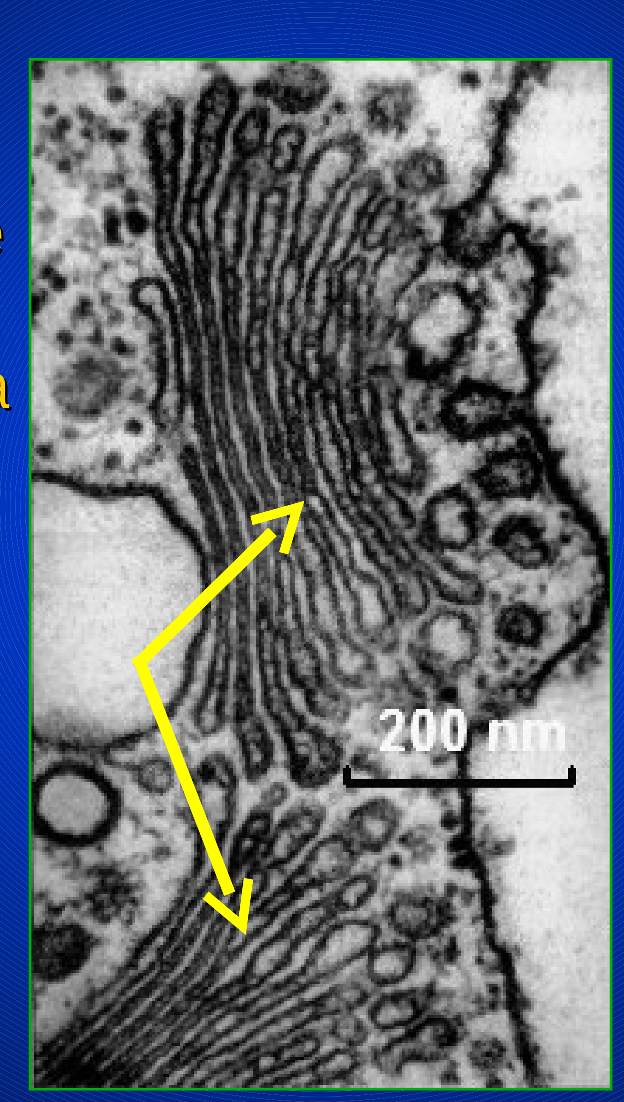
¿Qué es el Aparato de Golgi?

Es una pila de bolsas membranosas aplanadas que a modo de oficina de correos modifica, clasifica, empaqueta y etiqueta las proteínas que recibe del RER para ser enviadas a diversos destinos:

Lisosomas

Membrana plasmática

Exterior celular



Cis-Golgi

Med-Golgi

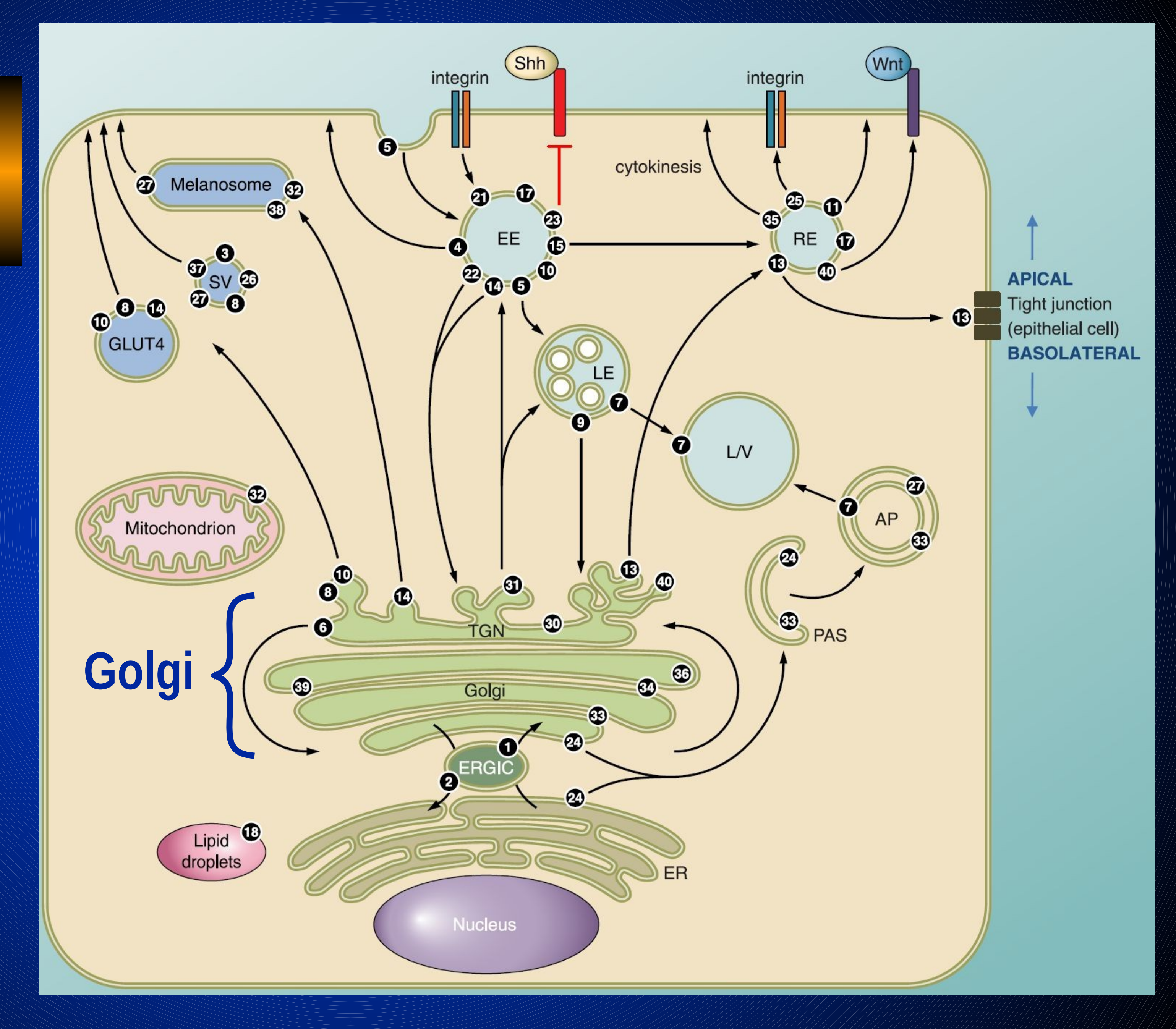
Trans-Golgi

Tiempo

M en C Rafael Govea Villaseñor

Tráfico de Vesículas

El Golgi es como una oficina de correos que recibe y envía proteínas en paquetes membranosos a diversos destinos celulares



M en C Rafael Govea Villaseñor

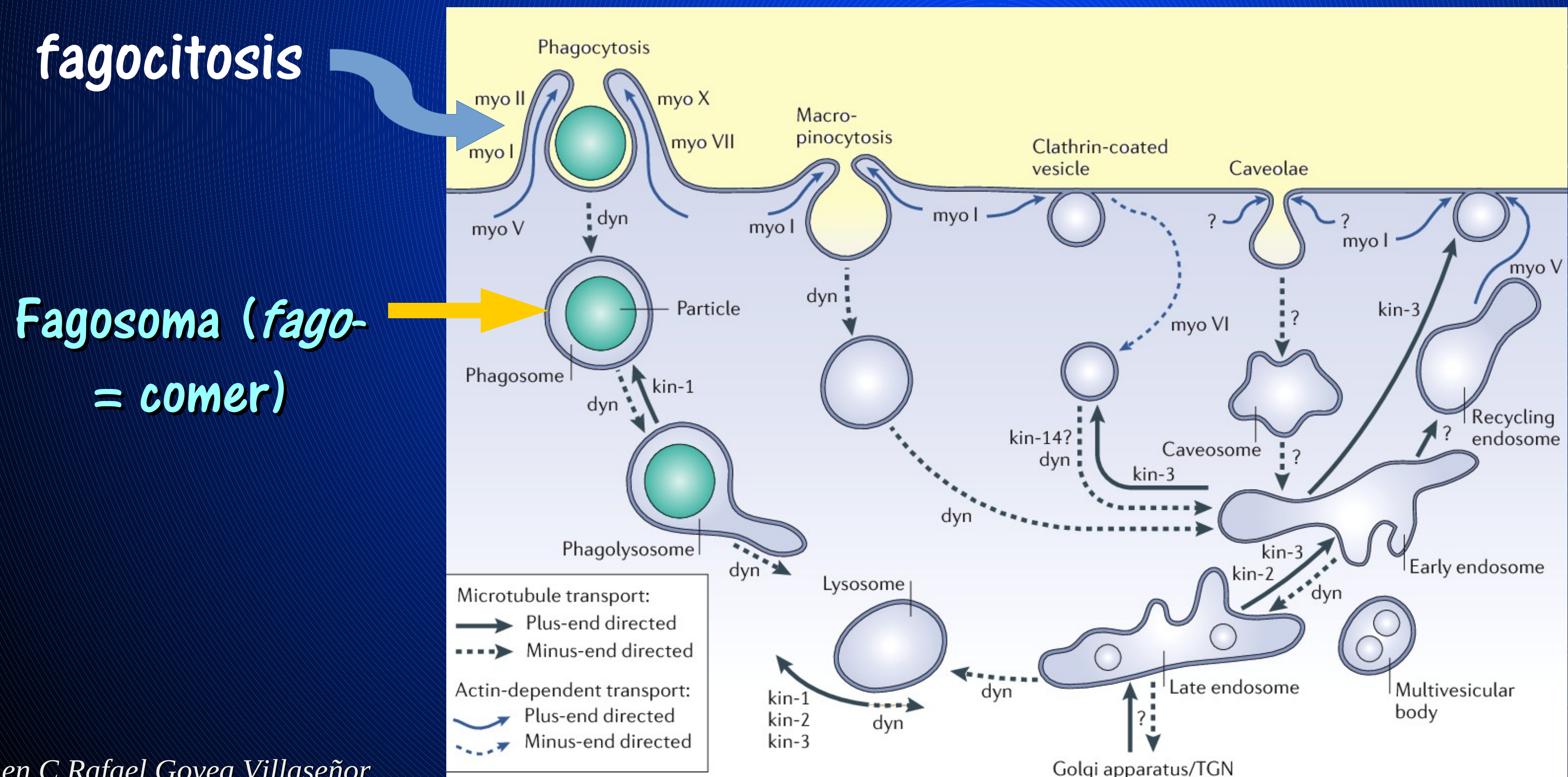
Hutagalung, AH & PJ Novick 2011 **Role of Rab GTPases in Membrane Traffic and Cell Physiology** *Physiol Rev* 91,119-49

¿Qué son los Endosomas?

Los Endosomas (*endo-* = meter y *som-* = cuerpo) son bolsas membranosas de diferentes tipos que introducen al citoplasma sustancias del exterior (sólidas, líquidas o unidas a la membrana) con fines de nutrición principalmente de allí que se fusionen con lisosomas.

fagocitosis

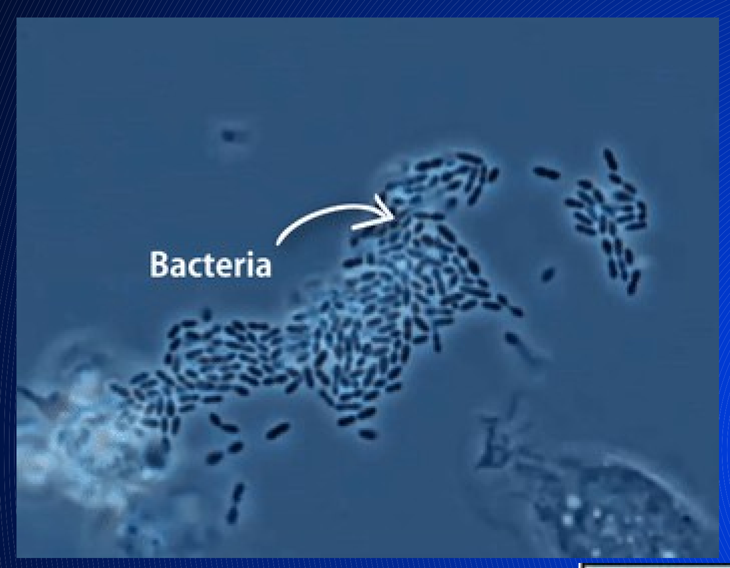
Fagosoma (*fago-* = comer)

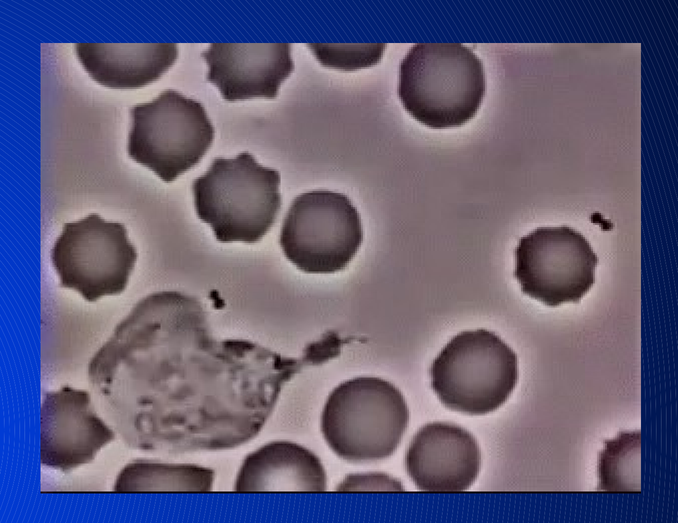


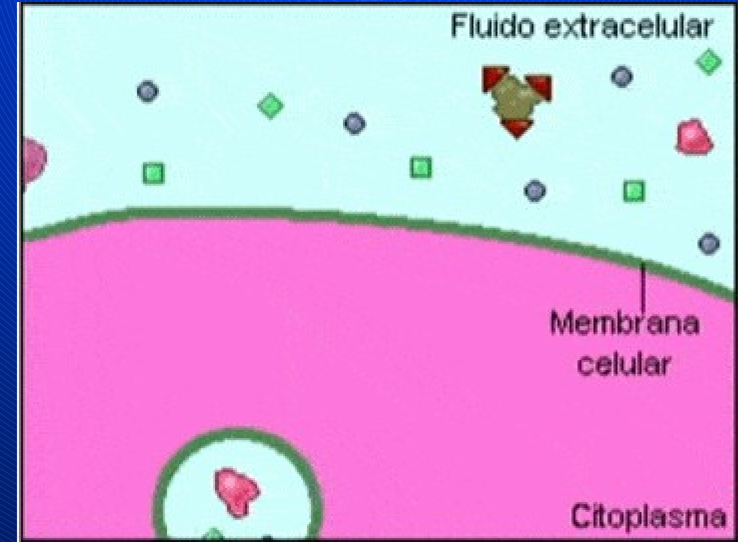
endosomas

M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Ejemplos de Endocitosis?



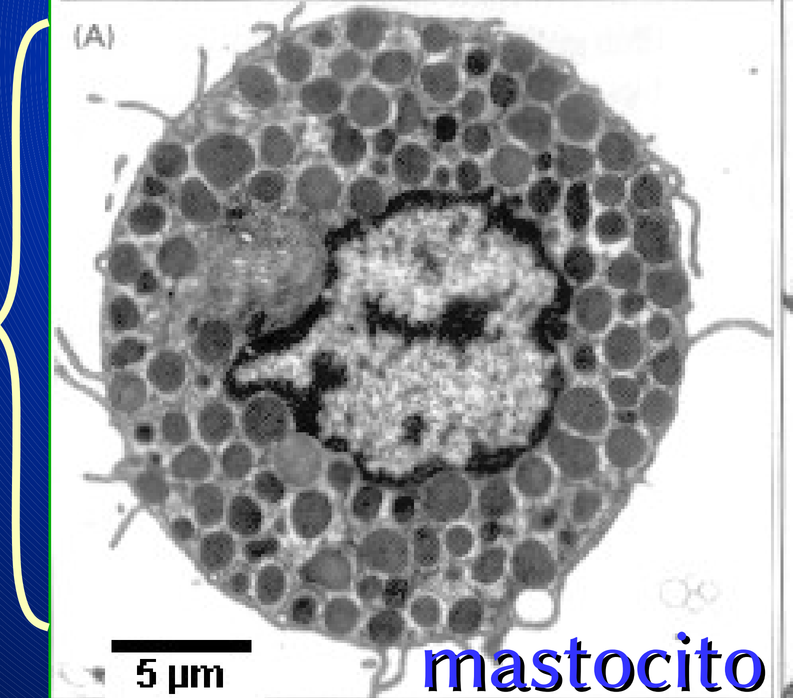


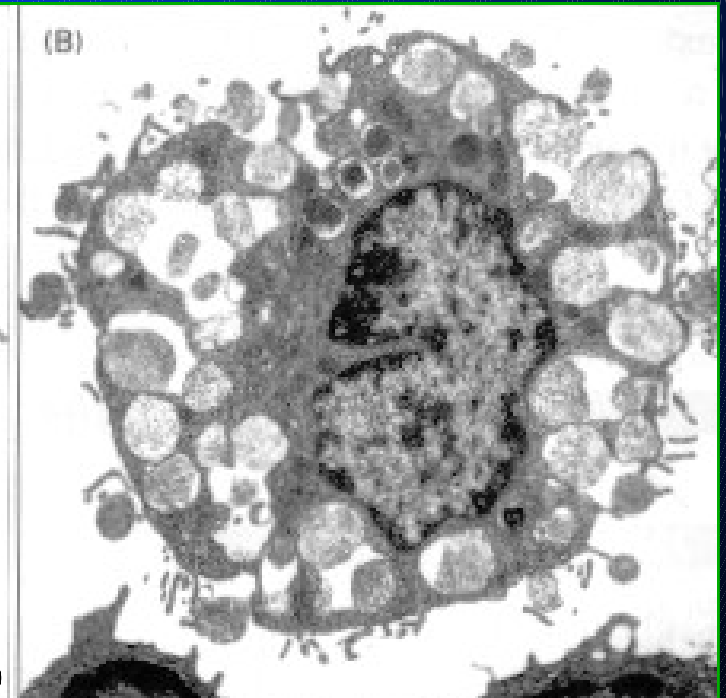


¿Qué son las Vesículas de Secreción?

Las Vesículas de Secreción (*vesic-* = bolsa, *-ula* = pequeña y *secre-*= elaborar un fluido) También son pequeñas vesículas membranosas (aprox. 200 nm) formadas en el Golgi. Contienen sustancias que son enviadas hacia la membrana plasmática, se fusionan con ella y vacían su contenido al exterior.

En las células llamadas mastocitos su citoplasma está lleno de vesículas de secreción que contienen histamina, misma que liberan durante la reacción alérgica.





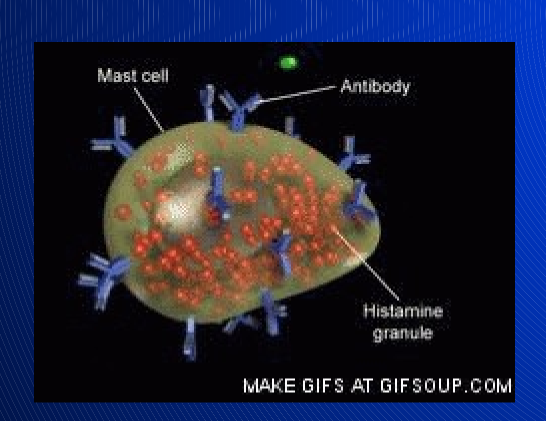
M en C Rafael Govea Villaseñor

Alberts (1994) fig 13-41

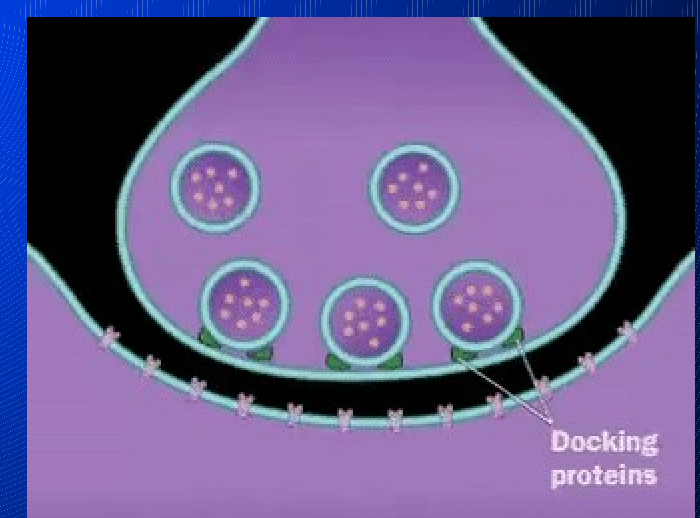
Ejemplos de Vesículas de Secreción

El citoesqueleto, de manera constitutiva o regulada, empuja a las vesículas de secreción hacia la membrana. Allí proteínas de los 2 organelos forman la maquinaria de fusión de las bicapas





Los mastocitos liberan heparina durante la respuesta inflamatoria (alergia)



Exocitosis de neurotransmisor en la sinapsis nerviosa

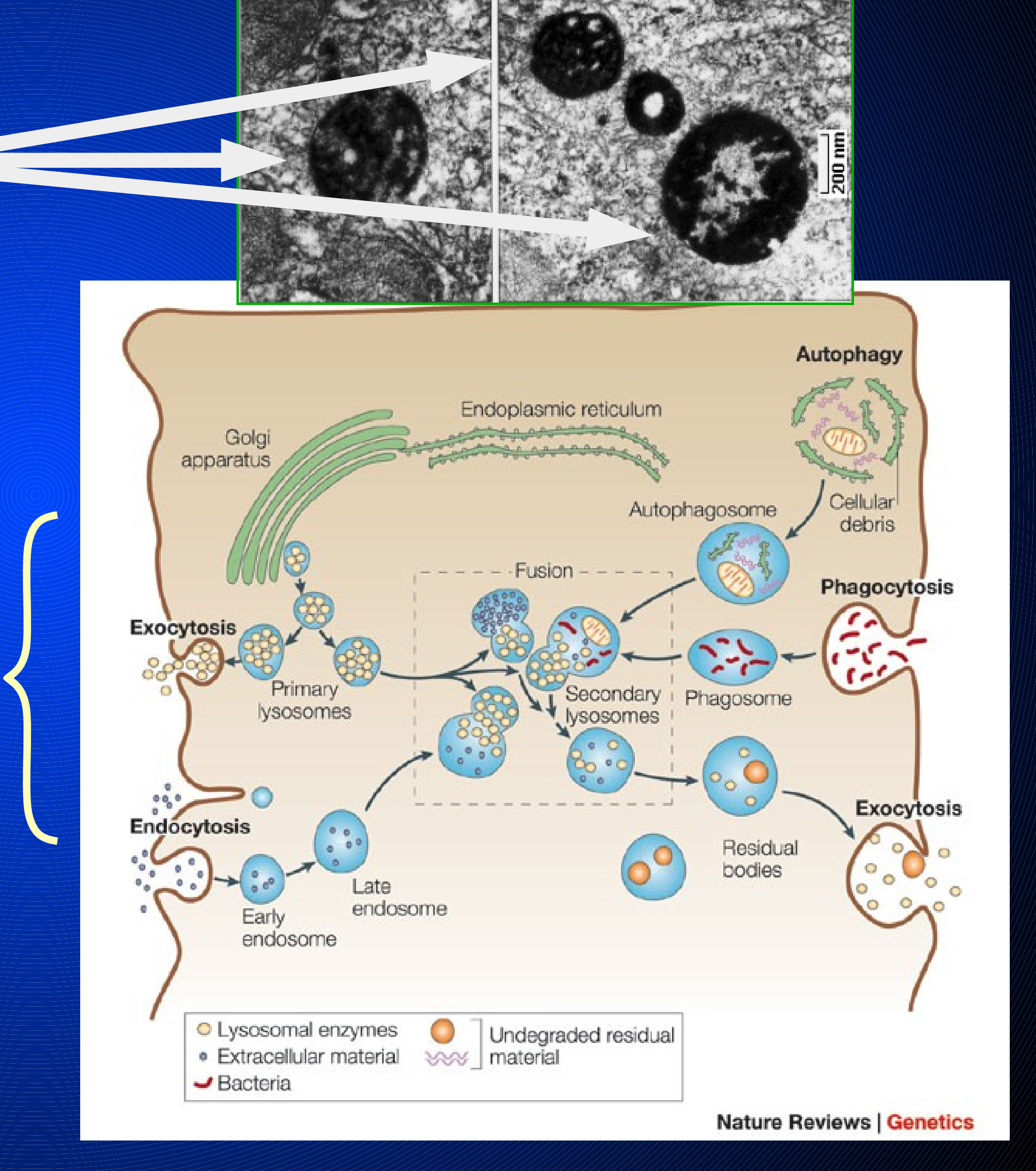
M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué son y hacen los Lisosomas?

Los Lisosomas (*lis-* = romper y *som-*= cuerpo) Son pequeñas vesículas membranosas (aprox. 200 nm) formadas en el Golgi con enzimas digestivas.

Los lisosomas se fusionan con endosomas, fagosomas y autofagosomas para digerir sustancias nutritivas o para reciclar componentes químicos.

Las enzimas digestivas, a veces, se destinan al exterior



¿Qué son los Peroxisomas?

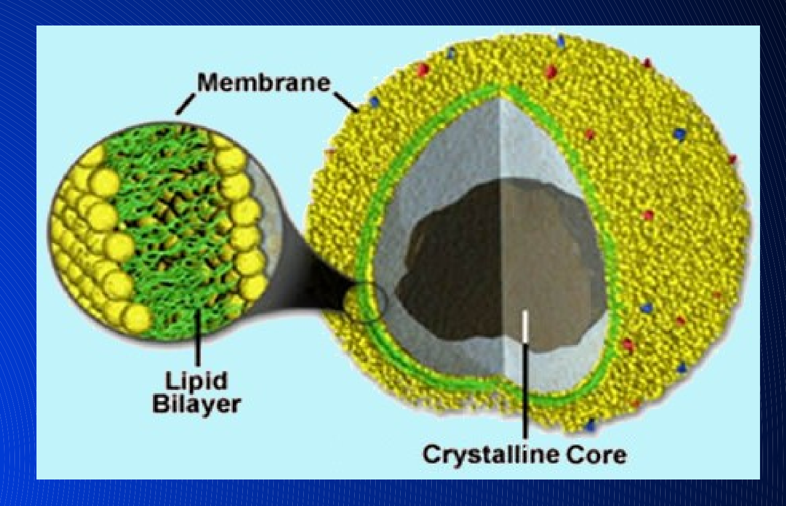
Los Peroxisomas (*peroxi-* = peróxido) son pequeñas vesículas membranosas (aprox. 0.2 a 1 μm) originadas en el RER que contienen enzimas que catalizan reacciones de óxido-reducción.

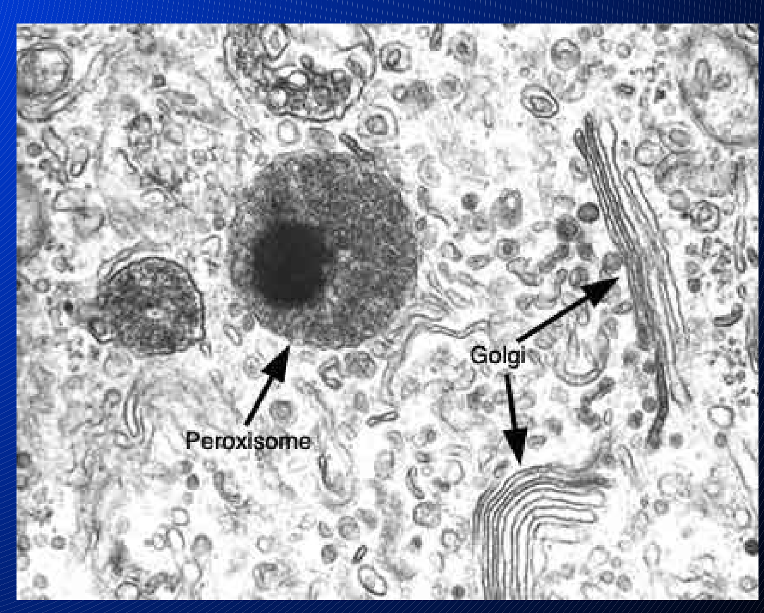
Confinar la generación de H_2O_2 y su destrucción evita daños oxidativos a proteínas citosólicas y a otros organelos. Lleva acabo la...

1) Destrucción del H_2O_2

2) Oxidación ß de ác. grasos

3) Y multitud de funciones específicas





M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué son las Mitocondrias?

Las Mitocondrias (*mito-* = hilo y *condr-* = grano) son organelos de doble membrana con su propia maquinaria genética (fabrica el 1% de sus proteínas).

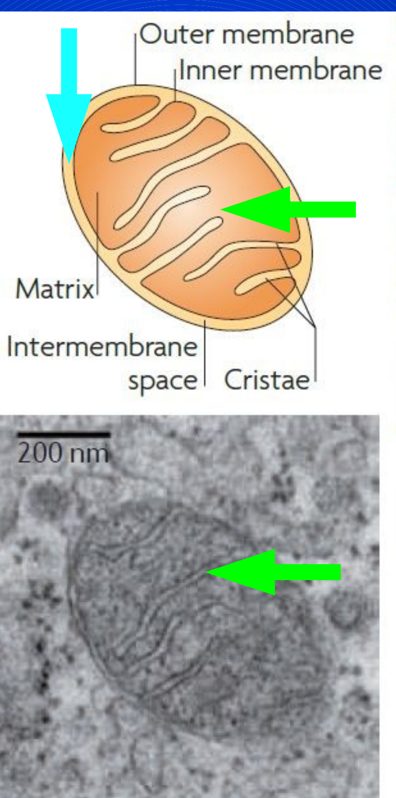
Su principal función es elaborar el ATP, él cual guarda y entrega la energía que requieren los procesos celulares.

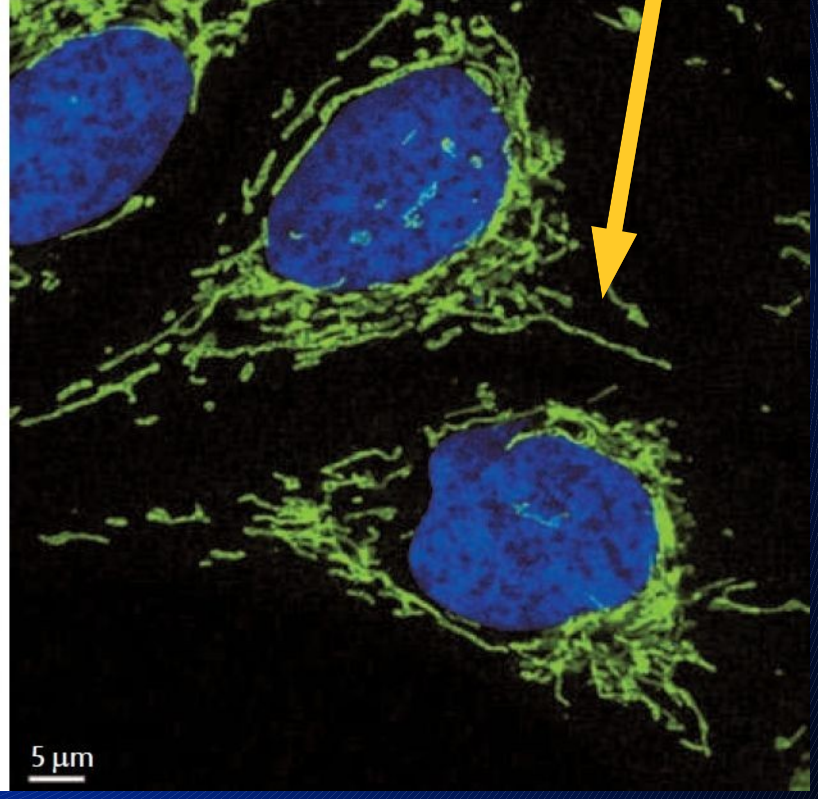
Las mitocondrias provienen de la coevolución una eubacteria ancestral hace unos ≤2 Ga.

Noten las características

crestas mitocondriales

su forma alargada





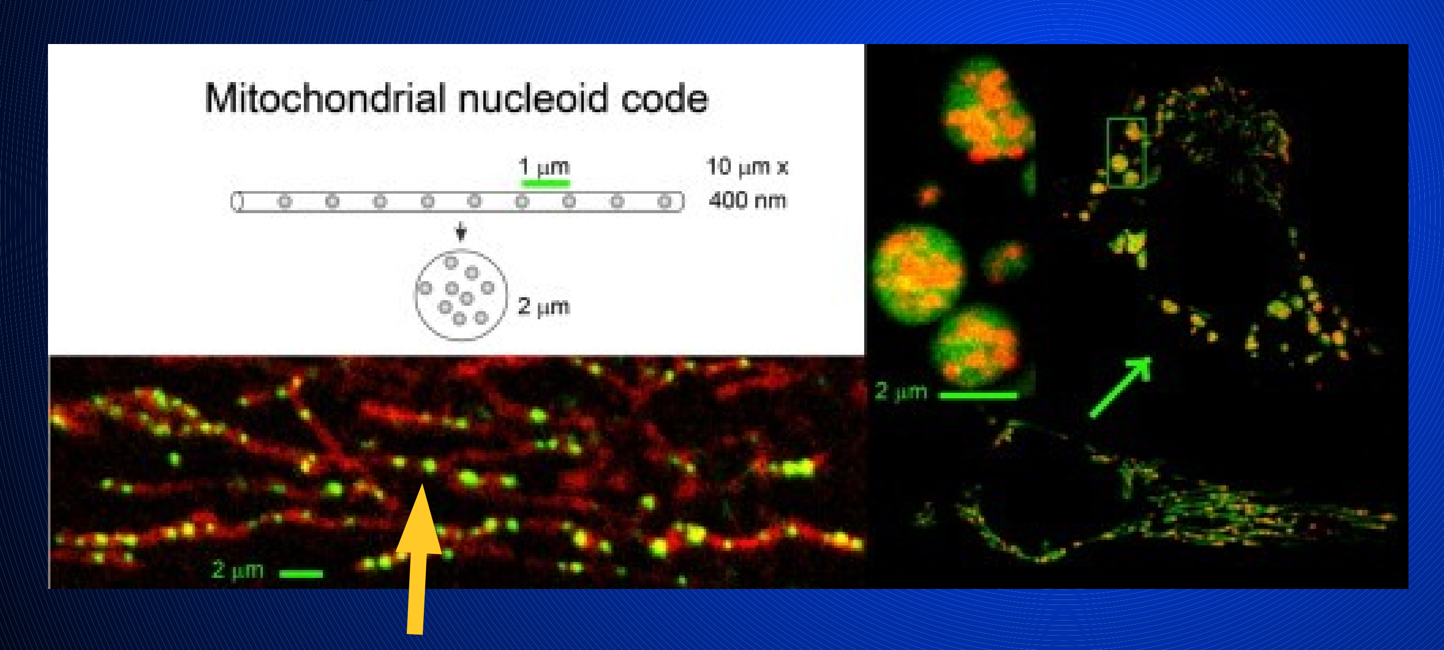
las 2 membranas concéntricas

M en C Rafael Govea Villaseñor

Westermann, B 2010 **Mitochondrial fusion and fission in cell life and death** *NatRevMolCellBiol* 11(12)872-84

¿Cuántos nucleoides tienen las Mitocondrias?

Decenas de nucleoides



Los nucleoides fluorescen de verde dentro mitocondrias

Los nucleoides Resaltados de rojo

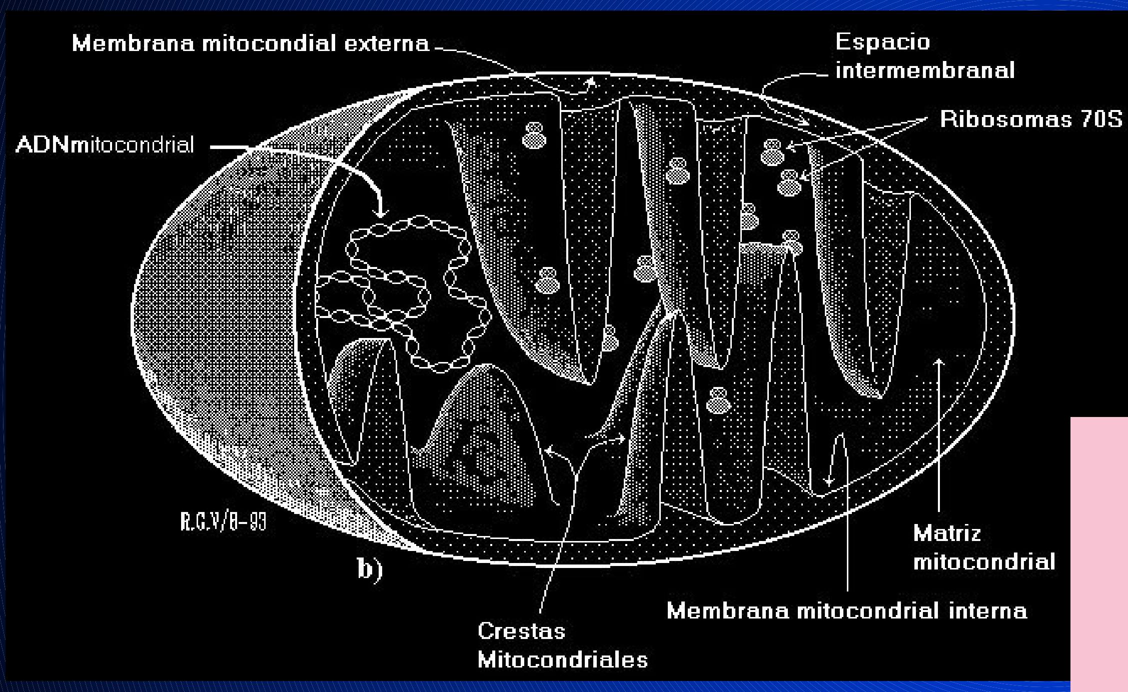


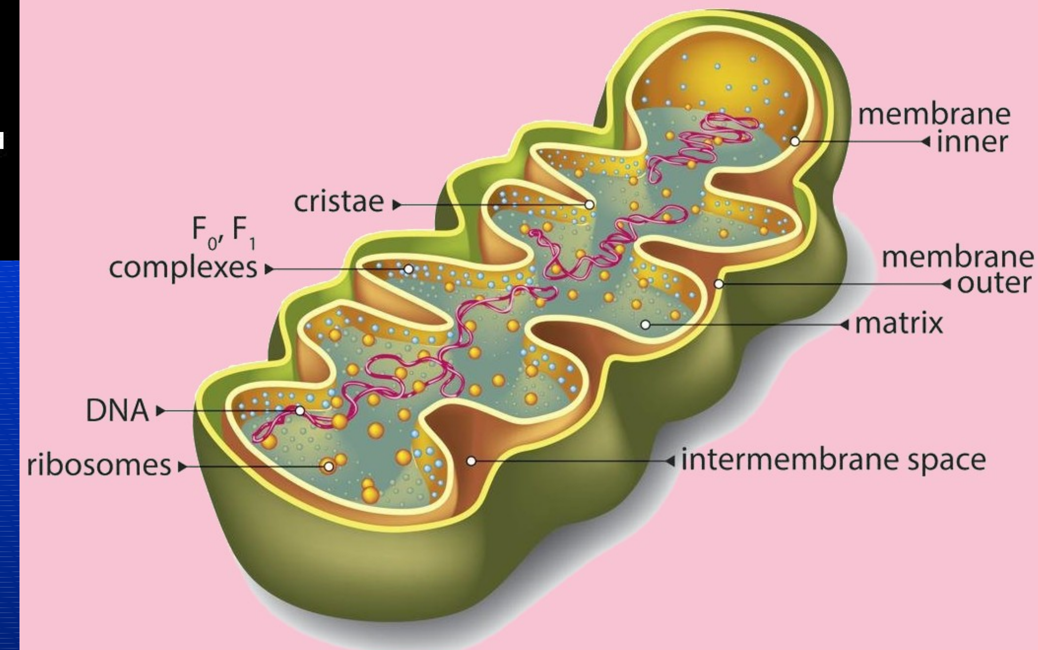
Tauber J et al 2013 **Distribution of mitochondrial nucleoids upon mitochondrial network fragmentation and network reintegration in HEPG2 cells** *IJ of Biochem & Cell Biol* 45(3)593-603

M en C Rafael Govea Villaseñor

https://phys.org/news/2018-05-mitochondria-art-dna-maintenance.html

¿Cuál es la estructura de las Mitocondrias?



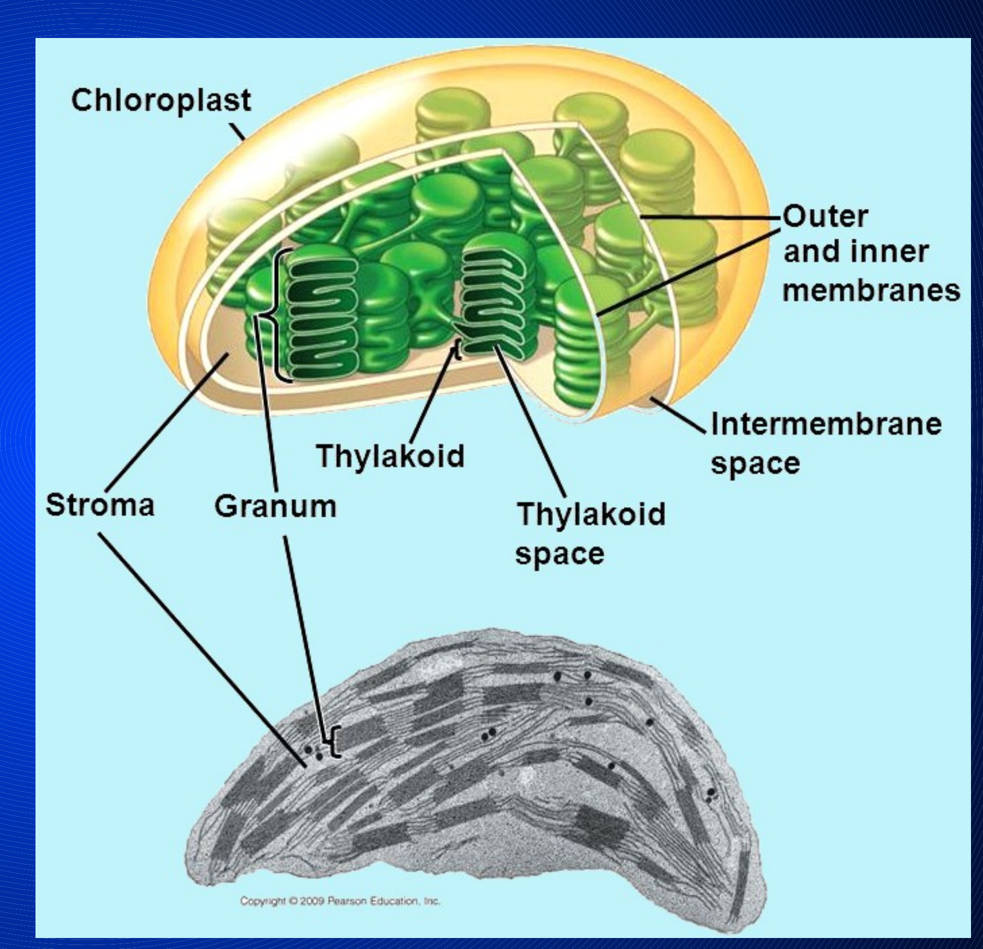


¿Qué son los Cloroplastos?

Las Cloroplastos (*cloro-* = verde y *plast-* = forma) son organelos de >1 membrana con su propia maquinaria genética.

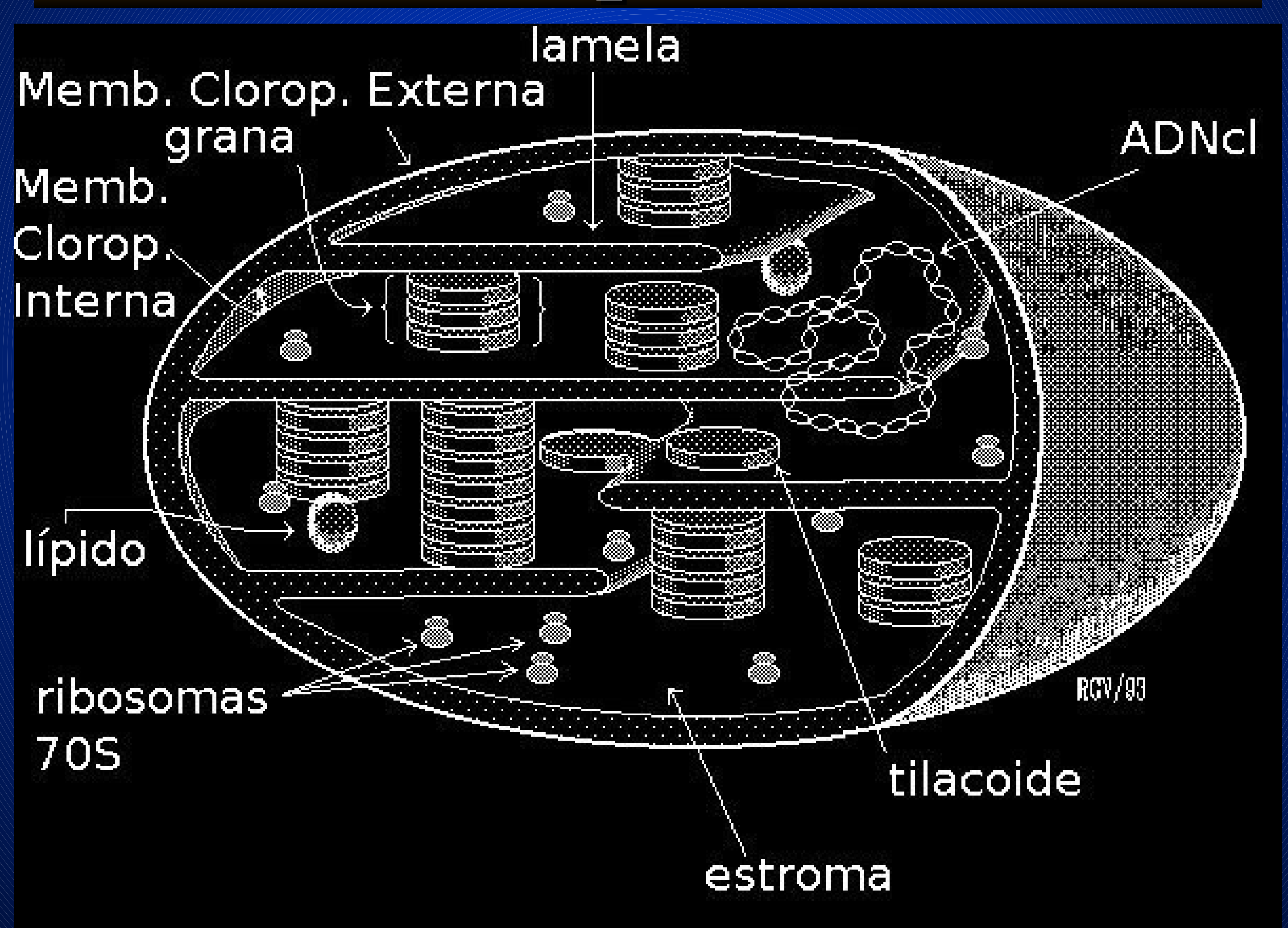
Su función es elaborar glucosa. A partir de la cual la célula obtiene la energía y los materiales para funcionar y construir sus estructuras.

Los cloroplastos provienen de la coevolución de un eucariote con una cianobacteria hace ≈ 1.5 Ga.



Noten los característicos granos, tilacoides, las 2 membranas concéntricas.

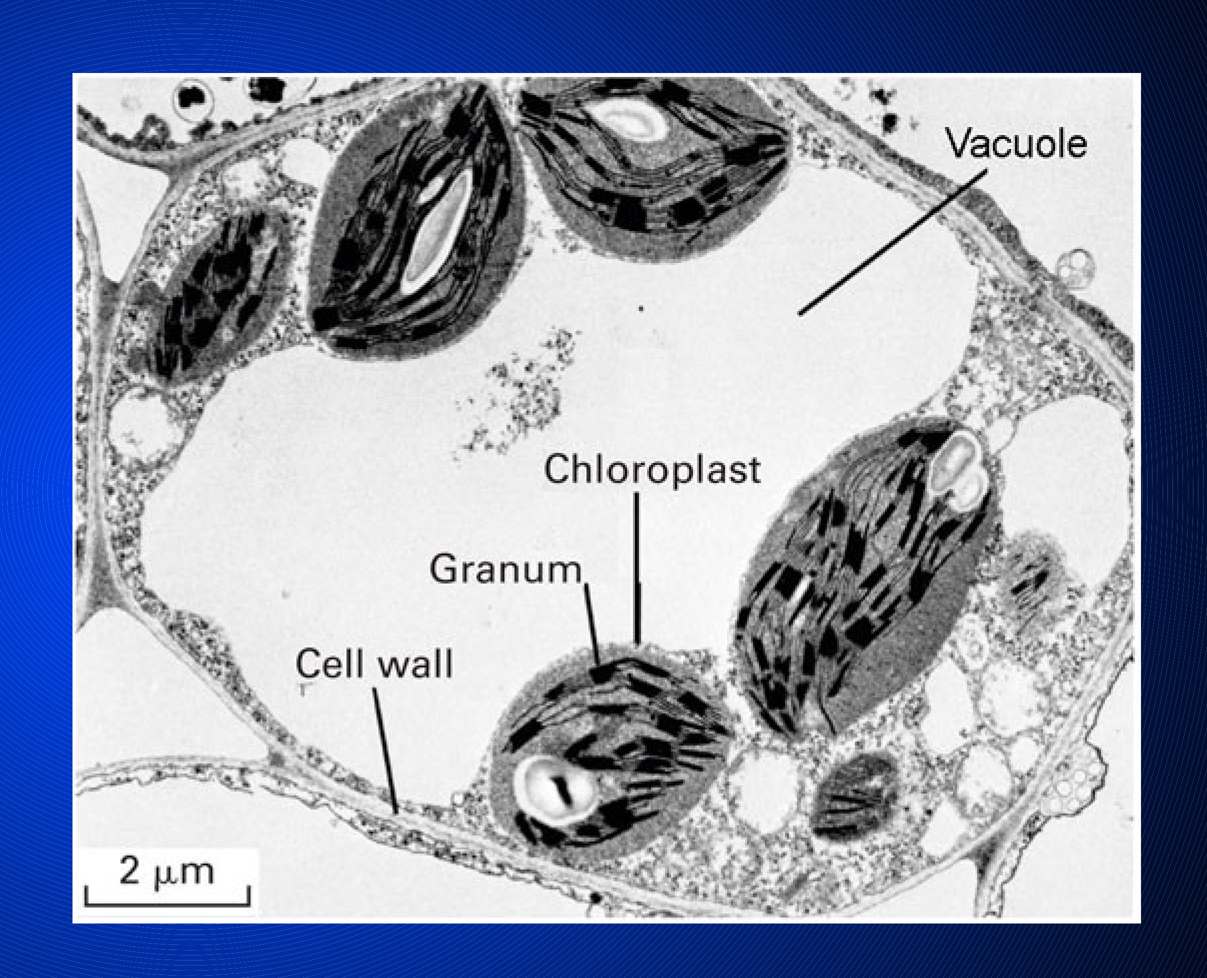
¿Cuál es la anatomía de los Cloroplastos?



¿Qué son las Vacuolas?

Las Vacuolas son organelos comunes en las células de las plantas. Las vacuolas ocupan un volumen mayoritario en el citoplasma.

Su función es almacenar metabolitos, secuestrar toxinas, controlar la turgencia y el volumen de la célula. Pueden también digerir sustancias.

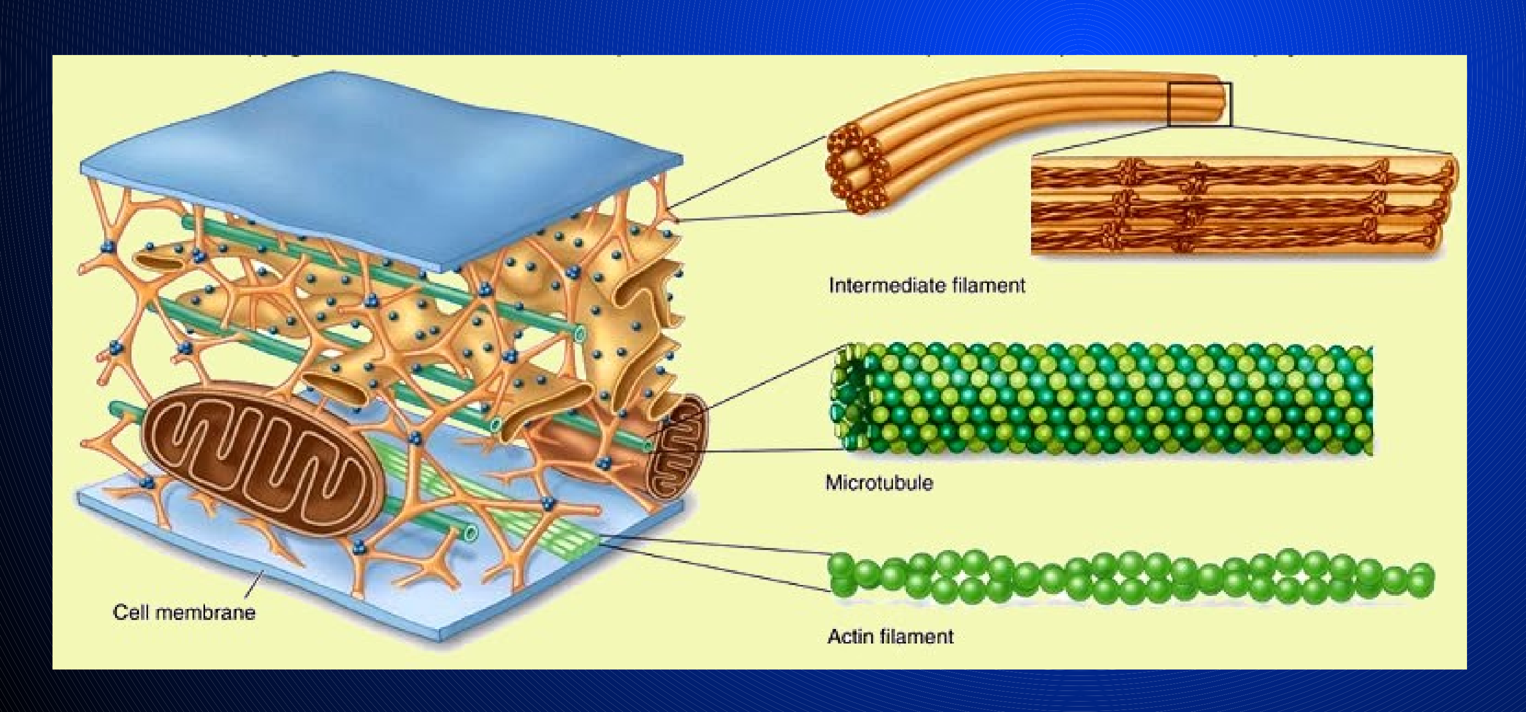


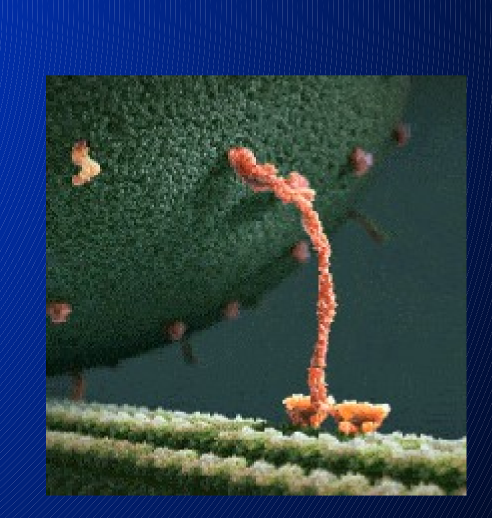
Noten como la **vacuola** empuja a los demás organelos contra la membrana plasmática.

¿Qué es el citoesqueleto?

El citoesqueleto es un conjunto de filamentos formados por el ensamble dinámico de diversas proteínas. Como su nombre lo indica su función es fijar, sostener y desplazar a otros organelos.

La forma de la célula y diversos movimientos depende de los elementos del citoesqueleto: microtúbulos, microfilamentos, filamentos intermedios y proteínas motoras.



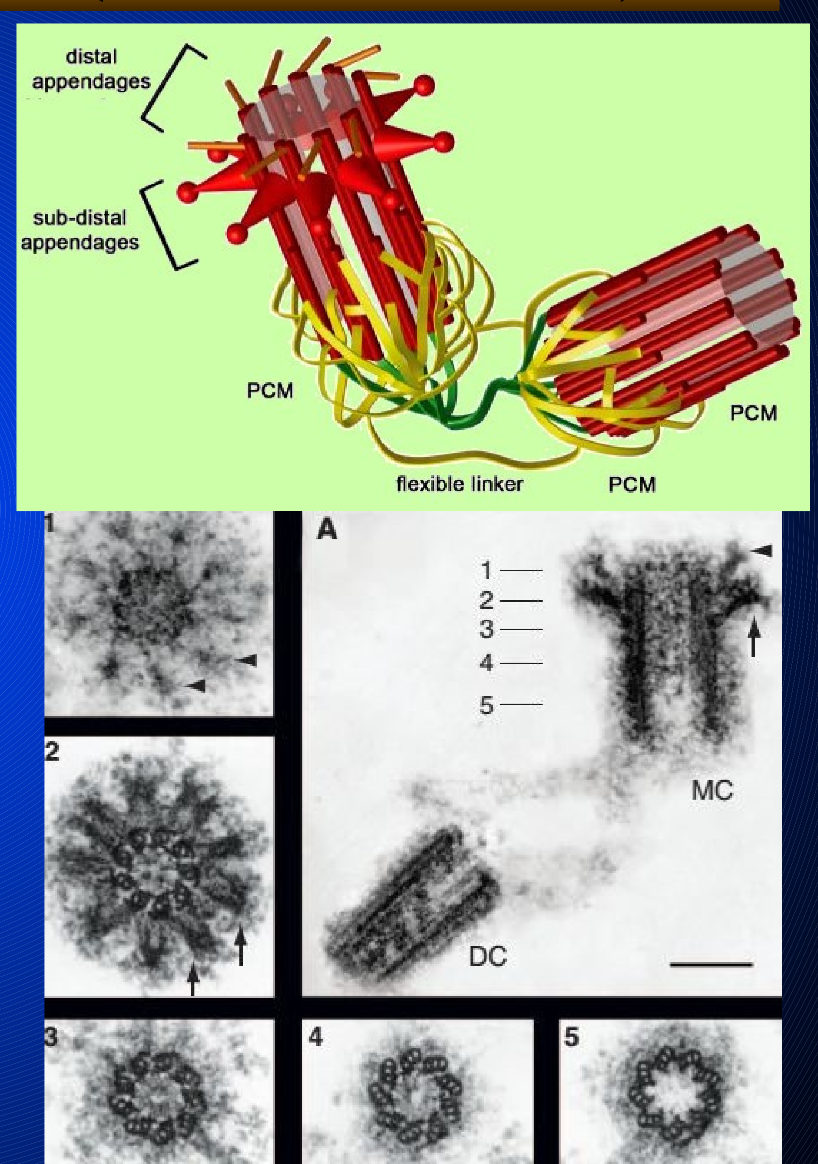


¿Qué es el Centrosoma (Centriolos)?

El centrosoma es un par de cilindros (centriolos) ortogonales de material amorfo con un arreglo longitudinal de 9 tripletes* de microtúbulos cuya función es dirigir el ensamble del citoesqueleto microtubular y determinar la polaridad celular.

* arreglo (9 + 0)

Los centriolos son exclusivos de protistas y animales.



Bomens, M 2012 **The Centrosome in Cells and Organisms** *Sc* 335,422

M en C Rafael Govea Villaseñor

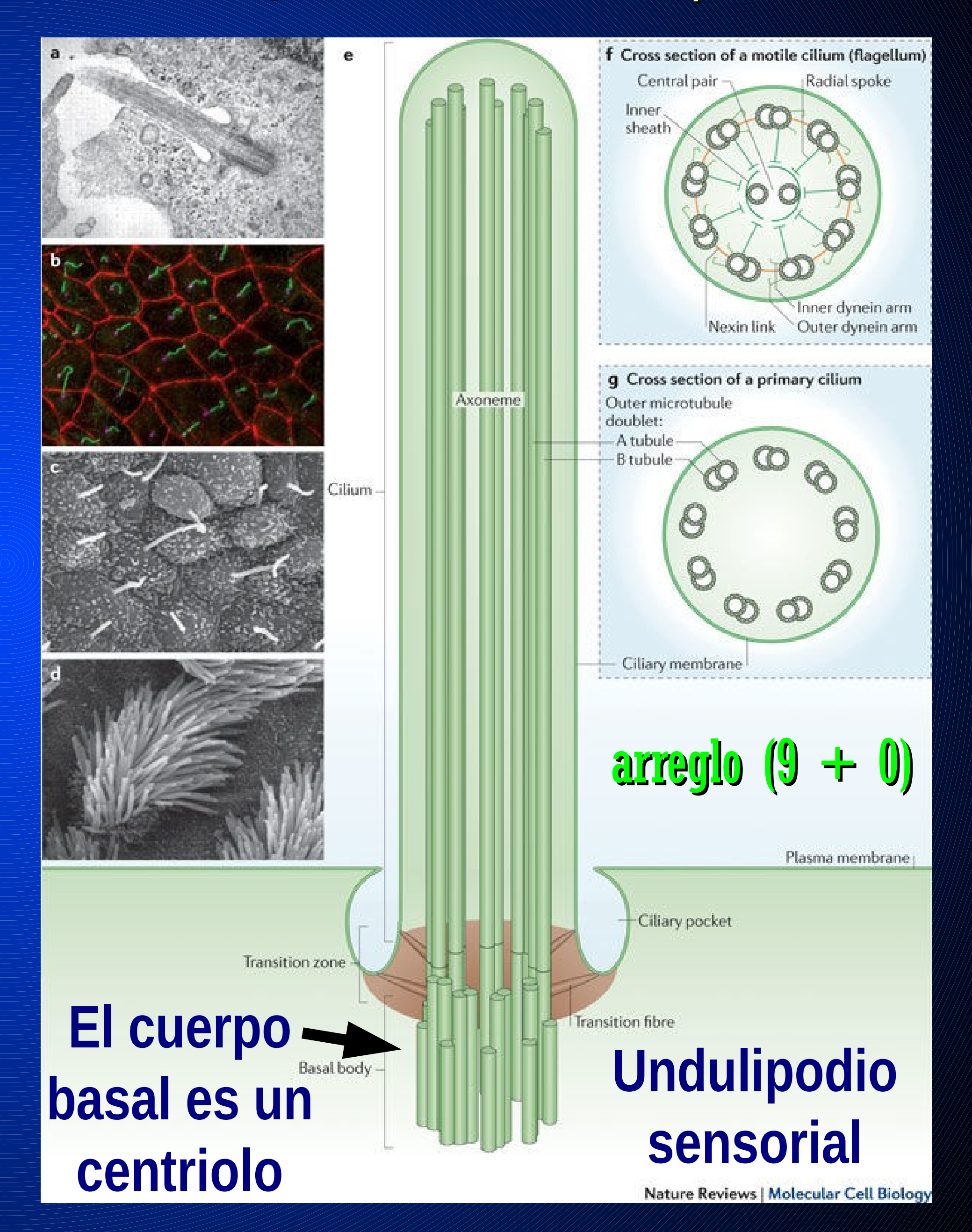
¿Qué es el Undulipodio?

El **Undulipodio** (*undul-* = ondular y *pod-* = pie) **es el organelo motriz de la célula eucariota.**

Hay variantes de función sensorial. **Estructuralmente es un largo cilindro cubierto de membrana con un andamio circular de 9 pares de microtúbulos y 2 centrales separados***.

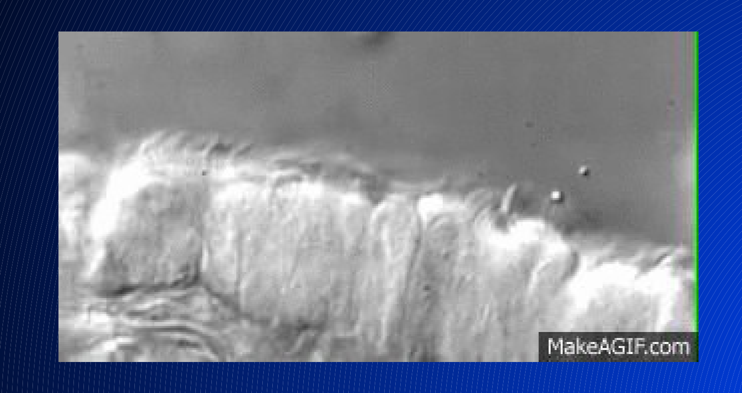
Este organelo es común en protistas y animales. Se ha perdido en la mayoría de linajes de plantas y en casi todos los hongos.

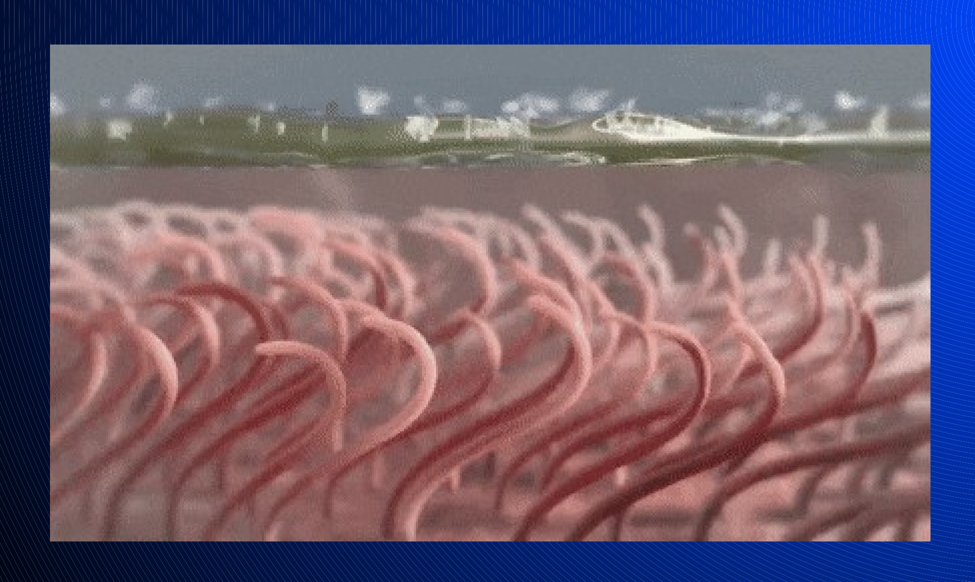
arreglo (9 + 2) Undulipodio motriz



M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Ejemplos de Undulipodios?

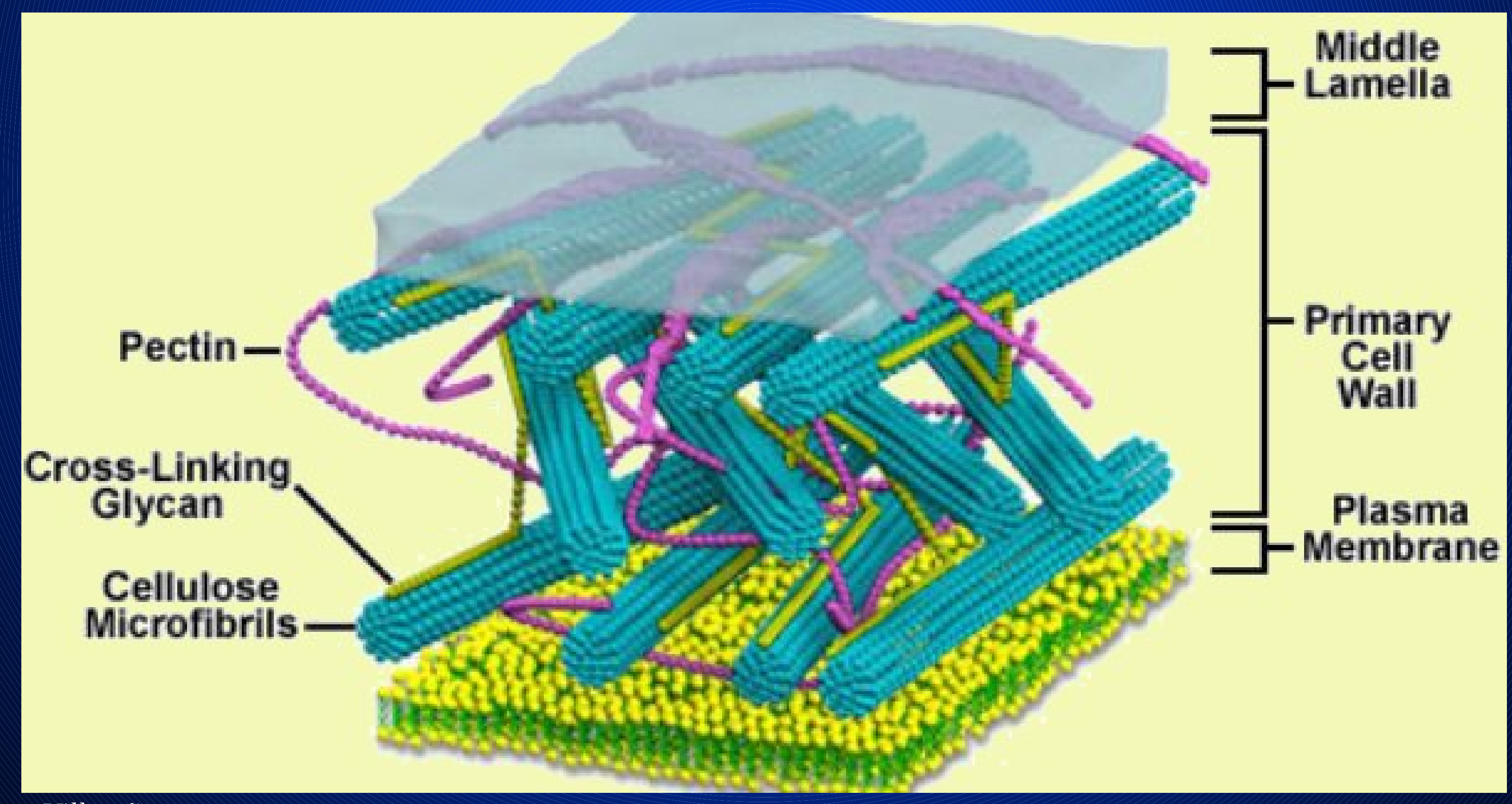






¿Qué es la Pared Celular Eucariota?

La pared celular está conformada por capas ortogonales de celulosa y otros polisacáridos en plantas y protistas afines, en otros protistas está hecha de minerales, en hongos es de quitina y los animales carecemos de ella.



El Transporte c/motor de combustion ¡Contamina!

- Lo mejor es aplicar la 1ª R, rechazar. No usar auto privado es la 2ª. Medida personal que más reduce nuestra huella de carbono.
- Ante lo inevitable, apliquemos la 2ª R, reducir (caminemos de vez en cuando, usemos transporte público, compartamos el auto, usemos uno eficiente y pequeño)



M en C Rafael Govea Villaseñor